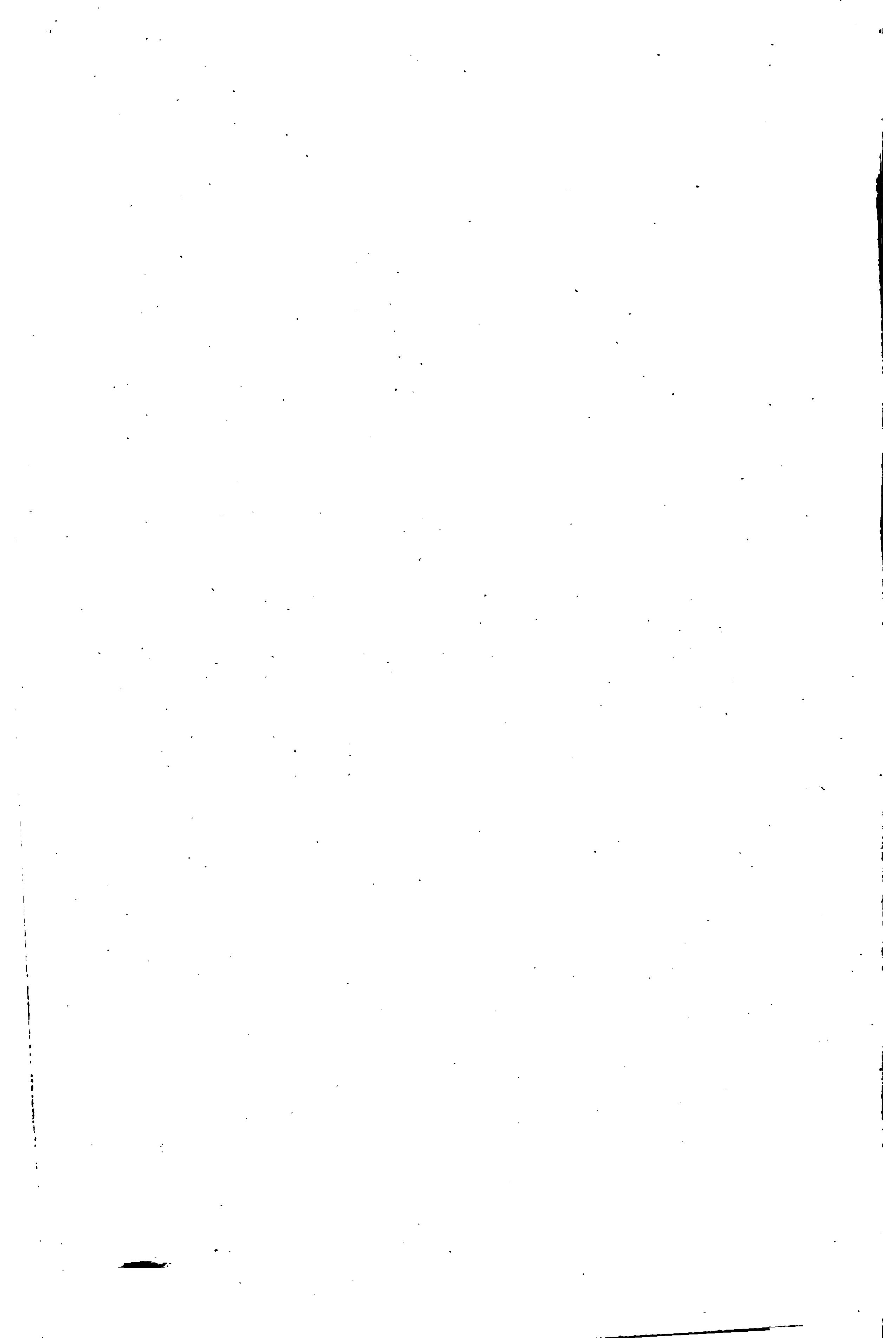
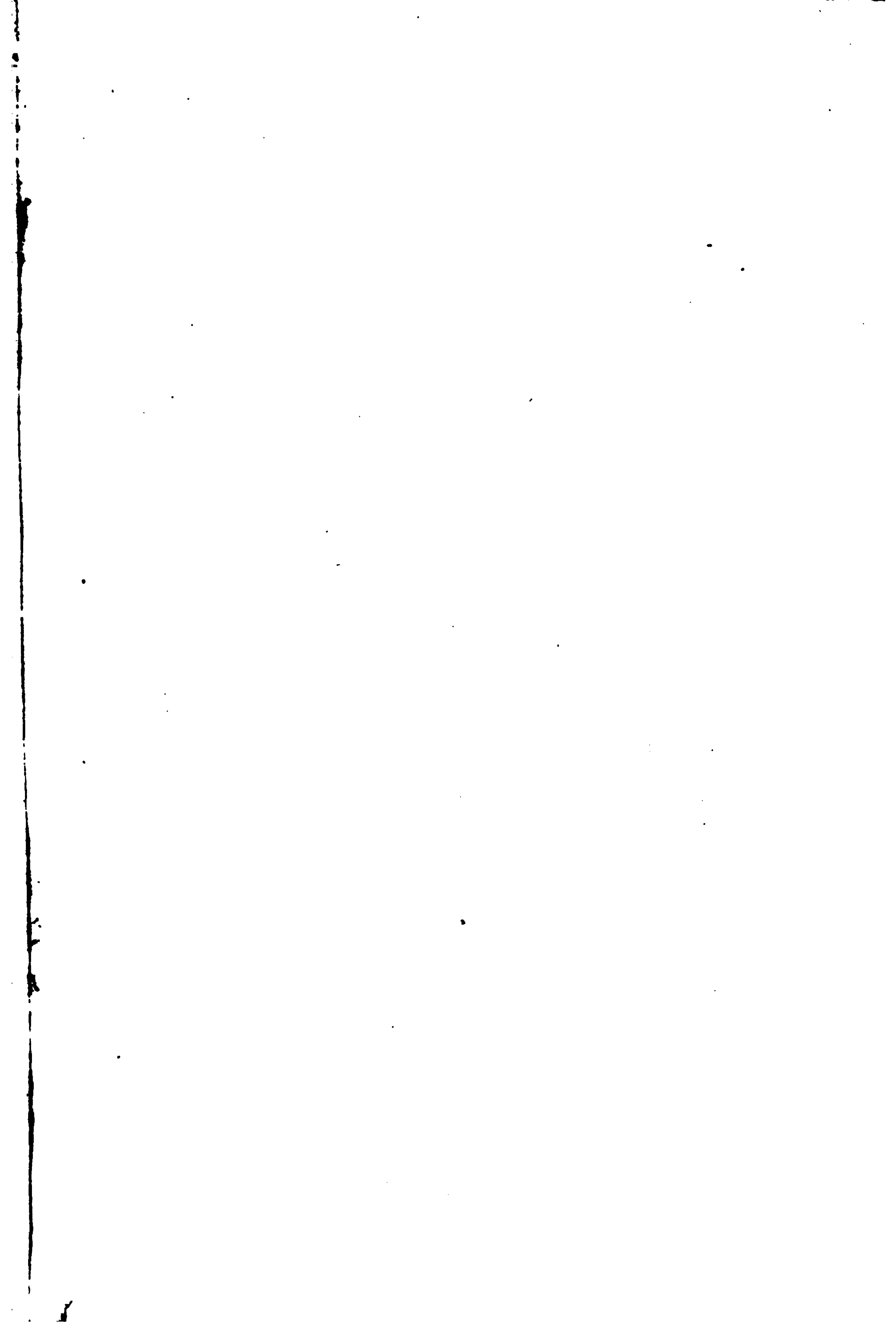
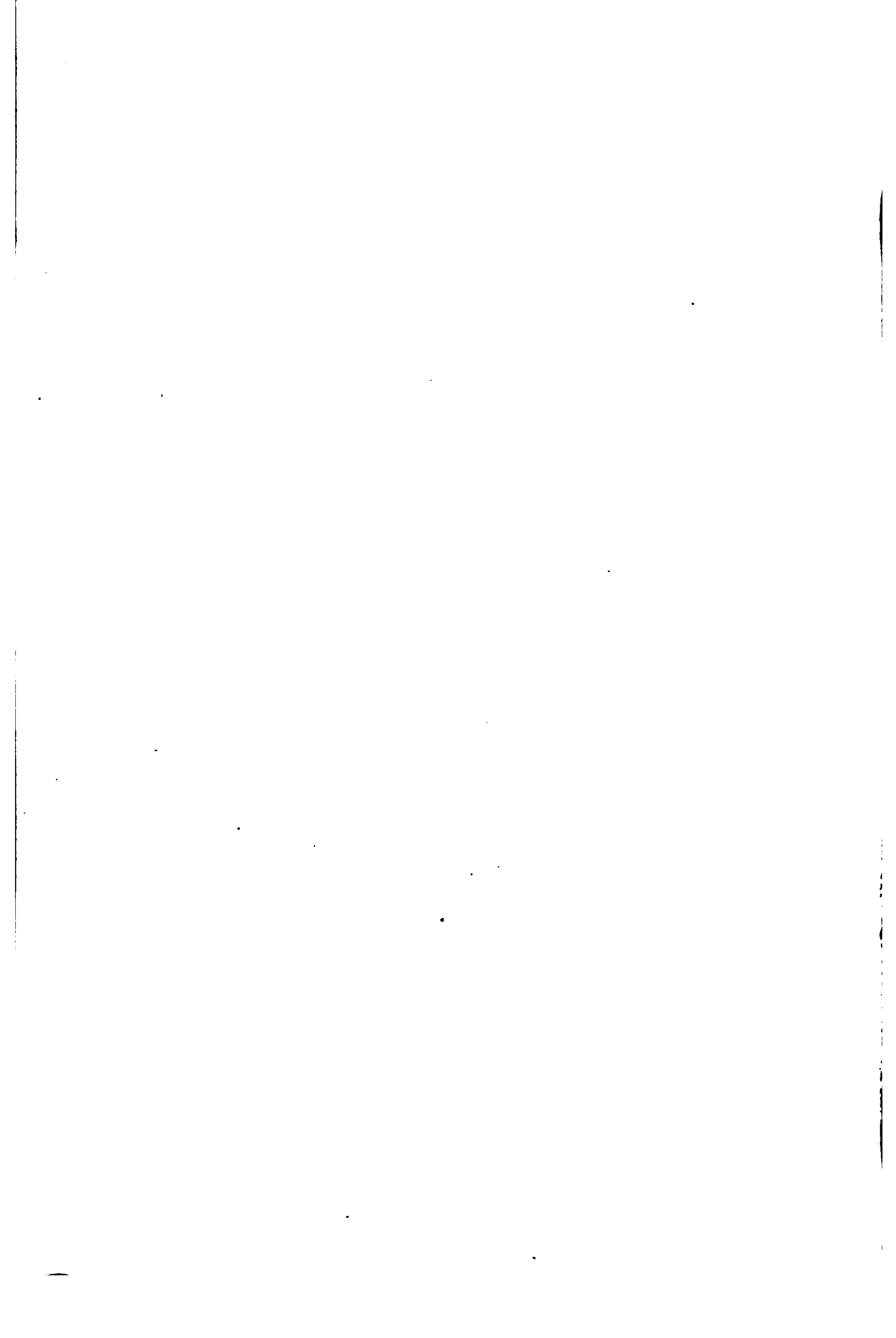
8107

James Sturgis Pray

Christmas 1904
J. L. S.







Pflanzenleben.

Erster Band.

Holzfreies Papier.

Pflanzenleben.

Von

Anton Kerner von Marilaun.

Erster Band.

Gestalt und Leben der Pflanze.

Mit 553 Abbildungen im Text und 20 Aquarelltafeln

von E. Heyn, H. v. Königsbrunn, E. v. Ransonnet, J. Seelos, Teuchmann, O. Winkler u. a.

Leipzig.

Verlag des Bibliographischen Instituts.

1888.

Inhalts-Verzeichnis.

Gestalt und Leben der Pflanze.

Einleitung.

Seite

Die Erforschung der Pflanzenwelt in alter und neuer Zeit 3
- Betrachtung der Pflanzen vom Nützlichkeitsstandpunkte 3
- Beschreibung und Unterscheidung der Pflanzenformen 5
- Metamorphosenlehre und naturphilosophische Spekulationen 8
- Entwickelungsgeschichtliche Methode . . . 14
- Ziele der Forschung in der Gegenwart . 15

I. Das Lebendige in der Pflanze.

1. Die Protoplasten als Träger des Lebens 20
   - Entdeckung der Zellen 20
   - Entdeckung des Protoplasmas 23
2. Bewegungen der Protoplasten . . 27
   - Schwimmende und kriechende Protoplasten 27
   - Bewegungen des Protoplasmas in den Zellkammern 31
   - Bewegungen der Volvocineen, Diatomaceen, Oscillarieen und Bakterien 35
3. Ausscheidungen und Bauthätigkeit der Protoplasten 39
   - Zellsaft. Zellkern. Chlorophyllkörper. Stärke. Kristalle 39
   - Aufbau der Zellwand und Herstellung von Verbindungen benachbarter Zellenräume 40
4. Verkehr der Protoplasten unter sich und mit der Außenwelt. 44
   - Die Übertragung von Reizen und die spezifische Konstitution des Protoplasmas . 44
   - Lebenskraft, Instinkt und Empfindung . 48

II. Aufnahme der Nahrung.

Seite

1. Einleitung 51
   - Einteilung der Pflanzen mit Rücksicht auf die Nahrungsaufnahme 51
   - Theorie der Nahrungsaufnahme 53
2. Aufnahme unorganischer Stoffe . . 56
   - Nährgase 56
   - Nährsalze 61
   - Aufnahme der Nährsalze durch Wasserpflanzen. 69
   - Aufnahme der Nährsalze durch Steinpflanzen 73
   - Aufnahme der Nährsalze durch Erdpflanzen 75
   - Beziehungen zwischen der Lage der Laubblätter und der Saugwurzeln 85
3. Aufnahme organischer Stoffe aus verwesenden Pflanzen und Tieren 92
   - Die Verwesungspflanzen und ihr Verhältnis zu den verwesenden Körpern . . . 92
   - Verwesungspflanzen im Wasser, auf der Borke der Bäume und an Felsen. . . 97
   - Verwesungspflanzen im Humus der Wälder, Wiesen und Moore. 102
   - Besondere Beziehungen der Verwesungspflanzen zum Nährboden. 105
   - Pflanzen mit Fallen und Fanggruben für Tiere 111
   - Tierfänger, welche beim Fange Bewegungen ausführen 130
   - Tierfänger mit Klebevorrichtungen . . . 143
4. Aufnahme der Nahrung durch die Schmarotzerpflanzen 147
   - Einteilung der Schmarotzer 147
   - Bakterien. Pilze 150
   - Windende Schmarotzer. Grün belaubte Schmarotzer. Schuppenwurz 158
   - Braunschupper, Balanophoreen, Rafflesiaceen 169

Seite
Misteln und Riemenblumen 189
Pfropfen, Impfen, Äugeln 197
5. Aufnahme von Wasser 199
Bedeutung des Wassers für das Leben der Pflanze 199
Wasseraufnahme der Flechten und Moose und der mit Luftwurzeln versehenen Überpflanzen 201
Aufnahme von Regen und Tau durch die Laubblätter 208
Ausbildung von Saugzellen in besondern Gruben und Rinnen der Blätter . . . 213
6. Ernährungsgenossenschaften . . . 224
Flechten 224
Ernährungsgenossenschaft grün belaubter Blütenpflanzen und chlorophyllfreier Pilzmycelien. — Fichtenspargel 229
Pflanzen und Tiere, eine große Ernährungsgenossenschaft 234
7. Veränderungen des Bodens durch den Einfluß der sich ernährenden Pflanzen 236
Lösung, Verschiebung und Anhäufung bestimmter mineralischer Bestandteile des Bodens durch Vermittelung lebender Pflanzen 236
Mechanische Veränderungen des Bodens, durch Pflanzen veranlaßt 244

III. Leitung der Nahrung.

1. Die Triebkräfte für die Bewegung des rohen Nahrungssaftes . . . 247
Haarröhrchenwirkung und Wurzeldruck . . 247
Transpiration 251
2. Regulierung der Transpiration . . 261
Förderungsmittel der Ausdünstung . . . 261
Freihaltung der Bahn für den Wasserdampf 266
3. Schutz gegen die Gefahren übermäßiger Transpiration 283
Schutzeinrichtungen an der Oberhaut . . 283
Gestalt und Lage der ausdünstenden Blätter und Zweige 300
4. Die Transpiration in den verschiedenen Jahreszeiten. Transpiration der Lianen 321
Junge und alte Blätter 321
Laubfall 329
Zusammenhang des Baues der Leitungsvorrichtungen mit der Transpiration . 335
5. Leitung der Nährgase zu den Stellen des Verbrauches 340

IV. Bildung organischer Stoffe aus der aufgenommenen unorganischen Nahrung.

Seite
1. Das Chlorophyll und die Chlorophyllkörper 344
Die Chlorophyllkörper und die Sonnenstrahlen 344
Die Chlorophyllkörper und die grünen Gewebe unter dem Einflusse verschiedener Lichtstärke 352
2. Die grünen Blätter 367
Verteilung der grünen Blätter am Umfange des Stengels 367
Beziehungen der Lage zur Gestalt der grünen Blätter 378
Einrichtungen zum Festhalten der angenommenen Lage 393
Schutzmittel der grünen Blätter gegen die Angriffe der Tiere 399

V. Wandlung und Wanderung der Stoffe.

1. Die organischen Verbindungen in der Pflanze 421
Die Kohlenstoffverbindungen 421
Stoffwandlung in der lebenden Pflanze . 424
2. Wanderung der Stoffe in der lebenden Pflanze 434
Ableitungs- und Zuleitungsvorrichtungen . 434
Bedeutung des Anthokyans für die Wanderung und Wandlung der Stoffe. Herbstliche Verfärbung des Laubes 450
3. Treibende Kräfte bei der Wandlung und Wanderung der Stoffe . . . 457
Atmung 457
Wärme- und Lichtentwickelung 462
Gärung 471

VI. Wachstum und Aufbau der Pflanze.

1. Theorie des Wachstums 476
Die Bedingungen und die Mechanik des Wachstums 476
Wirkungen wachsender Zellen auf die Umgebung 479
2. Wachstum und Wärme 483
Wärmequellen. Umsetzung von Licht in Wärme 483
Einfluß der Wärme auf die Gestalt und die Verbreitung der Pflanzen 488
Schutzmittel wachsender Pflanzen gegen Wärmeverlust 493
Erfrieren und Versengen 504

Seite
Berechnung der zum Wachstume nötigen Wärme 520

3. Aufbau der Pflanze 529
Hypothesen über die Form und Größe der zum Aufbaue der Pflanzen verwendeten kleinsten Raumgebilde 529
Sichtbare Bauthätigkeit im Protoplasma . . 534

VII. Die Pflanzengestalten als vollendete Bauwerke.

1. Stufenleiter von der einzelligen Pflanze zum Pflanzenstocke . . . 545

2. Gestalt der Blattgebilde 554
Definition und Einteilung der Blätter . 554
Keimblätter 558
Niederblätter. Mittelblätter. Hochblätter 583

3. Gestalt der Stammgebilde 607
Definition und Einteilung der Stämme. Keimblattstamm. Niederblattstamm . . 607
Übersicht der Formen des Mittelblattstammes 614
Liegende und flutende Stämme 620
Klimmende Stämme 629
Aufrechte Mittelblattstämme 669
Zug-, Druck- und Biegungsfestigkeit der Mittelblattstämme 683
Hochblattstamm 695

4. Gestalt der Wurzelgebilde 707
Zusammenhang des äußern und innern Baues mit der Funktion 707
Definition der Wurzel 721
Merkwürdige Lebenserscheinungen der Wurzeln 724

	Seite
Misteln und Riemenblumen	189
Pfropfen, Impfen, Äugeln	197
5. Aufnahme von Wasser	199
Bedeutung des Wassers für das Leben der Pflanze	199
Wasseraufnahme der Flechten und Moose und der mit Luftwurzeln versehenen Überpflanzen	201
Aufnahme von Regen und Tau durch die Laubblätter	208
Ausbildung von Saugzellen in besondern Gruben und Rinnen der Blätter	213
6. Ernährungsgenossenschaften	224
Flechten	224
Ernährungsgenossenschaft grün belaubter Blütenpflanzen und chlorophyllfreier Pilzmycelien. — Fichtenspargel	229
Pflanzen und Tiere, eine große Ernährungsgenossenschaft	234
7. Veränderungen des Bodens durch den Einfluß der sich ernährenden Pflanzen	236
Lösung, Verschiebung und Anhäufung bestimmter mineralischer Bestandteile des Bodens durch Vermittelung lebender Pflanzen	236
Mechanische Veränderungen des Bodens, durch Pflanzen veranlaßt	244

III. Leitung der Nahrung.

1. Die Triebkräfte für die Bewegung des rohen Nahrungssaftes	247
Haarröhrchenwirkung und Wurzeldruck	247
Transpiration	251
2. Regulierung der Transpiration	261
Förderungsmittel der Ausdünstung	261
Freihaltung der Bahn für den Wasserdampf	266
3. Schutz gegen die Gefahren übermäßiger Transpiration	283
Schutzeinrichtungen an der Oberhaut	283
Gestalt und Lage der ausdünstenden Blätter und Zweige	300
4. Die Transpiration in den verschiedenen Jahreszeiten. Transpiration der Lianen	321
Junge und alte Blätter	321
Laubfall	329
Zusammenhang des Baues der Leitungsvorrichtungen mit der Transpiration	335
5. Leitung der Nährgase zu den Stellen des Verbrauches	340

IV. Bildung organischer Stoffe aus der aufgenommenen unorganischen Nahrung.

	Seite
1. Das Chlorophyll und die Chlorophyllkörper	344
Die Chlorophyllkörper und die Sonnenstrahlen	344
Die Chlorophyllkörper und die grünen Gewebe unter dem Einflusse verschiedener Lichtstärke	352
2. Die grünen Blätter	367
Verteilung der grünen Blätter am Umfange des Stengels	367
Beziehungen der Lage zur Gestalt der grünen Blätter	378
Einrichtungen zum Festhalten der angenommenen Lage	393
Schutzmittel der grünen Blätter gegen die Angriffe der Tiere	399

V. Wandlung und Wanderung der Stoffe.

1. Die organischen Verbindungen in der Pflanze	421
Die Kohlenstoffverbindungen	421
Stoffwandlung in der lebenden Pflanze	424
2. Wanderung der Stoffe in der lebenden Pflanze	434
Ableitungs- und Zuleitungsvorrichtungen	434
Bedeutung des Antholyans für die Wanderung und Wandlung der Stoffe. Herbstliche Verfärbung des Laubes	450
3. Treibende Kräfte bei der Wandlung und Wanderung der Stoffe	457
Atmung	457
Wärme- und Lichtentwickelung	462
Gärung	471

VI. Wachstum und Aufbau der Pflanze.

1. Theorie des Wachstums	476
Die Bedingungen und die Mechanik des Wachstums	476
Wirkungen wachsender Zellen auf die Umgebung	479
2. Wachstum und Wärme	483
Wärmequellen. Umsetzung von Licht in Wärme	483
Einfluß der Wärme auf die Gestalt und die Verbreitung der Pflanzen	488
Schutzmittel wachsender Pflanzen gegen Wärmeverlust	493
Erfrieren und Versengen	504

Seite
Berechnung der zum Wachstume nötigen Wärme 520

3. Aufbau der Pflanze 529
Hypothesen über die Form und Größe der zum Aufbaue der Pflanzen verwendeten kleinsten Raumgebilde 529
Sichtbare Bauthätigkeit im Protoplasma . . 534

VII. Die Pflanzengestalten als vollendete Bauwerke.

1. Stufenleiter von der einzelligen Pflanze zum Pflanzenstocke . . . 545

2. Gestalt der Blattgebilde 554
Definition und Einteilung der Blätter . 554
Keimblätter 558
Niederblätter. Mittelblätter. Hochblätter 583

3. Gestalt der Stammgebilde 607
Definition und Einteilung der Stämme. Keimblattstamm. Niederblattstamm . . 607
Übersicht der Formen des Mittelblattstammes 614
Liegende und flutende Stämme 620
Klimmende Stämme 629
Aufrechte Mittelblattstämme 669
Zug=, Druck= und Biegungsfestigkeit der Mittelblattstämme 683
Hochblattstamm 695

4. Gestalt der Wurzelgebilde 707
Zusammenhang des äußern und innern Baues mit der Funktion 707
Definition der Wurzel 721
Merkwürdige Lebenserscheinungen der Wurzeln 724

Seite
Periodisches Nickendwerden der Blüten und Blütenstände 495
Lageänderungen der Teilblättchen zusammengesetzter Blätter 497
Mimosa pudica in der Tag- und Nachtstellung 502
Legföhren im tirolischen Hochgebirge 513
Ablösung der zur Überwinterung unter Wasser bestimmten Sprosse des krausblätterigen Laichkrautes (Potamogeton crispus) . . . 515
Mannaflechte (Lecanora esculenta) in der Wüste 518
Veränderungen im Protoplasma des Zellkernes bei der Teilung desselben 542
Laminarien in der Nordsee 549
Lebermoose mit Zellenplatten, Zellennetzen und Zellenreihen in verschiedenen Übergangsformen 551
Saugzellen der Keimblätter. 559
Keimung der Rhizophora conjugata . . . 562
Mangroven bei Goa, an der westlichen Küste von Vorderindien, zur Zeit der Ebbe . . 564
Keimende Samen und Keimlinge 566
Entbindung der Keimblätter aus der Höhlung der Samen- oder Fruchtschale 570
Verankerung der Wassernuß. 576
Das Eindringen von Früchten in die Erde und Befestigung dieser Früchte im Keimbette . 577
Keimblätter 581
Verteilung der Stränge in den Spreiten der Mittelblätter 589. 593
Blüten der Silberlinde (Tilia argentea) und einer Art des Dreizacks (Triglochin Barellieri) 605
Wollbäume in den Catingas Brasiliens . . 616
Agaven der mexikanischen Hochebene. . . . 617
Yucca gloriosa 619
Vallisneria spiralis 626
Rotang auf Java 635
Wipfel von drei Rotang-Arten 636
Zweige der neuseeländischen Brombeere Rubus squarrosus. 637
Palmenstrunk, von den gitterbildenden Stämmen einer Clusiacee (Fagraea obovata) umgeben 640
Windender Hopfen (Humulus Lupulus) . . 647
Ausschnitt aus einer im tropischen Walde gesammelten, korkzieherförmig gewundenen Liane 648
Nebenblattranken der rauhen Stechwinde (Smilax aspera) 650
Seite
Blattstielranken der Alpenrebe (Atragene alpina) 651
Astranken der Serjania gramatophora . . . 653
Ranken der Zaunrübe (Bryonia) 655
Lichtscheue Ranken 659
Epheu (Hedera Helix) mit Kletterwurzeln am Stamme einer Eiche befestigt 662
Ficus mit gurtenförmigen Kletterwurzeln, aus dem Darschiling im Sikkim-Himalaja . . 664
Ficus Benjamina mit inkrustierenden Kletterwurzeln 666
Bignonia argyro-violacea, vom Ufergelände des Rio Negro in Brasilien. 668
Ficus mit gitterbildenden Kletterwurzeln . . 670
Bambus auf Java 674
Eiche 676
Tanne 677
Birkenstämme mit weißer häutiger Borke . . 680
Eucalyptusbäume in Neuholland 682
Schematische Darstellung verschieden kombinierter Träger 686
Querschnitte aufrechter Mittelblattstämme mit einfachen, nicht zu einer Röhre verschmolzenen Trägern 687
Querschnitte aufrechter Mittelblattstämme mit einfachen, zu einer cylindrischen Röhre verschmolzenen Trägern 688
Querschnitt aufrechter Mittelblattstämme mit als Träger zweiter Ordnung ausgebildeten Gurtungen. 689
Querschnitt des rankenden Stammes der Alpenrebe (Atragene alpina) 692
Wellung bandförmiger alter Lianenstämme (Bauhinia anguina) aus dem Tropenwalde Indiens. 693
Querschnitt durch den dem Boden aufliegenden Ausläufer der Gartenerdbeere (Fragaria grandiflora) und Querschnitt durch den Stamm des ährigen Tausendblattes (Myriophyllum spicatum). 694
Zweig des Walnußbaumes (Juglans regia) mit hängenden Kätzchen 700
Gummibaum (Ficus elastica) und Banianenbaum (Ficus Indica) 713
Pandanus utilis. 715
Stelzen- und Säulenwurzeln der Mangroven 716
Brombeerstrauch mit einwurzelnden Zweigspitzen 726

Gestalt und Leben der Pflanze.

Einleitung.

Die Erforschung der Pflanzenwelt in alter und neuer Zeit.

Inhalt: Betrachtung der Pflanzen vom Nützlichkeitsstandpunkte. — Beschreibung und Unterscheidung der Pflanzenformen. — Metamorphosenlehre und naturphilosophische Spekulationen. — Entwickelungsgeschichtliche Methode. — Ziele der Forschung in der Gegenwart.

Betrachtung der Pflanzen vom Nützlichkeitsstandpunkte.

Vor Jahren durchstreifte ich das Bergland Oberitaliens. Es war im wunderschönen Monate Mai. In einem kleinen, abgeschiedenen Thale, dessen Gehänge mächtige Eichen und hohes Strauchwerk dicht bekleideten, zeigte sich die Flora mit allen ihren Reizen entfaltet. Goldregen und Manna-Eschen, Heckenrosen und Ginster, unzählige niedere Stauden und Gräser standen in voller Blüte, aus jedem Busche ertönte das Lied einer Nachtigall, und ich genoß in vollen Zügen die ganze Herrlichkeit eines südlichen Frühlingsmorgens. An einer Stelle ausruhend, äußerte ich gegenüber dem mich begleitenden Führer, einem italienischen Bauern, meine Freude über die vielen Bäumchen des Goldregens, die mich durch ihre Blütenpracht, und über die zahlreichen Nachtigallen, die mich durch ihren Gesang entzückten. Wie grausam fühlte ich mich aber aus meiner Stimmung gerissen, als er lakonisch antwortete: der Goldregen sei so üppig, weil sein giftiges Laub von den Ziegen nicht abgefressen werde, und Nachtigallen gebe es hier allerdings noch viele, Hasen aber fast keine mehr. Für ihn und gewiß noch für tausend andre war das mit blühenden Büschen bedeckte Thal ein Weideplatz und die Nachtigall eine Beute des Jägers.

Dieses kleine Erlebnis aber scheint mir bezeichnend für die Art und Weise, wie die große Masse der Bevölkerung Tier- und Pflanzenwelt auffaßt. Die Tiere sind ihr Wildbret, die Bäume Bau- und Brennholz, die krautartigen Gewächse Gemüse, heilsame Medikamente und Nahrung für die Haustiere und die Blumen allenfalls noch Schmuck und Zierat. Wohin ich meine Schritte gewendet, in aller Herren Ländern, die ich botanisierend durchzogen, waren die Fragen der angesessenen Bevölkerung immer die gleichen. Überall sollte ich Auskunft geben, ob die Pflanzen, die ich aufsuchte und auflas, giftig oder nicht giftig seien, ob sie gegen diese oder jene Krankheit mit Erfolg verwendet werden könnten, und durch welche Merkmale man die heilsamen oder sonst brauchbaren Gewächse zu erkennen und von den andern zu unterscheiden vermöchte. Und genau so wie heutzutage hielt es die große Menge der ländlichen Bevölkerung in vergangenen und längst vergangenen Zeiten. Überall war es zunächst die Sorge für den Lebensunterhalt, das Bedürfnis, den eignen Hunger zu stillen, das Wohl und Wehe der Familie, das Herbeischaffen von Nahrung für die Haustiere,

wodurch die Menschen zur Unterscheidung der Gewächse in nahrhafte und giftige, in wohlschmeckende und ungenießbare hingeleitet und zu Kulturversuchen und Beobachtungen der Lebenserscheinungen der Pflanzen angeregt wurden.

Nicht weniger wurde man durch den Wunsch, die Hoffnung und den Glauben, daß höhere Mächte einzelne Gewächse mit heilkräftigen Wirkungen ausgestattet haben möchten, zur Untersuchung von Kräutern, Wurzeln und Samen sowie zur eingehenden Vergleichung und Feststellung der Verschiedenheiten ähnlicher Formen und Gestalten hingedrängt. Im alten Griechenland gab es eine eigne Zunft, die Rhizotomen, welche die für heilsam gehaltenen Wurzeln und Kräuter sammelten und zubereiteten und entweder selbst feilboten, oder durch die Pharmakopolen feilbieten ließen. Wie durch diese Rhizotomen, wurde auch durch griechische, römische und arabische Ärzte und wohl auch durch Gärtner, Winzer und Ackerbauern mit wechselndem Glücke und Talente eine Summe von Kenntnissen über die Pflanzenwelt erworben, welche lange Zeit hindurch ausschließlich als botanische Wissenschaft galt. Noch im 16. Jahrhundert war die Auffassung der Pflanzenwelt vom reinen Nützlichkeitsstandpunkte nicht nur diejenige der Mehrheit der Menschen, sondern auch jene sehr vieler Fachgelehrten, und in den meisten Bücherwerken jener Zeit findet man die medizinische „Krafft und Würckung“ sowie überhaupt die Benutzbarkeit der beschriebenen und unterschiebenen Gewächse an hervorragender Stelle und in ausführlicher Weise behandelt. So wie man in dem festen Glauben lebte, daß die Gestirne mit den menschlichen Schicksalen im Zusammenhange stehen, war man auch von der Ansicht befangen, daß alle Wesen der Erde nur des Menschen wegen daseien, und daß insbesondere in jeder Pflanze verborgene Kräfte schlummern, die, frei gemacht, dem Menschen entweder zum Heile oder zum Schaden gereichen. Man forschte nach Anhaltspunkten, um diese Geheimnisse der Natur erschließen zu können, vermeinte in vielen Gewächsen Zaubermittel zu erkennen und glaubte auch aus der Ähnlichkeit von Blättern, Blumen und Früchten mit irgend welchen Teilen des menschlichen Körpers eine von den überirdischen schaffenden Mächten ausgehende Andeutung finden zu können, wie der betreffende Pflanzenteil auf den menschlichen Organismus einzuwirken bestimmt sei. Die Ähnlichkeit eines Laubblattes mit der Leber galt als ein Fingerzeig, daß dieses Blatt gegen Leberkrankheiten mit Erfolg angewendet werden könne, die herzförmige Zeichnung oder Gestalt einer Blüte sollte ein Heilmittel gegen Herzkrankheiten bedeuten, und in ähnlicher Weise entstand die sogenannte Signaturlehre, welche, insbesondere durch Bombastus Paracelsus ausgebildet, im 16. und 17. Jahrhundert eine große Rolle spielte und die ja eigentlich in der Sucht nach Geheimmitteln auch heute noch fortlebt. Die Menge neigt noch immer, wie vor Jahrhunderten, lieber zu übernatürlichen, mystischen, als zu natürlichen, einfachen Deutungen, und einem Bombastus Paracelsus würde es auch gegenwärtig an gläubigen Anhängern durchaus nicht fehlen. In Wahrheit ist auch die Auffassung der Pflanzenkunde als Dienerin der Medizin und der Landwirtschaft, die Auffassung der Botanik vom reinen Nützlichkeitsstandpunkte bei der weitaus größten Mehrzahl der Menschen derzeit nicht wesentlich anders als vor 200 und 2000 Jahren und dürfte sich bei ihr auch noch lange nicht über diese Stufe erheben.

Neben der ersten, des Lebens Notdurft entsprungenen Pflanzenkenntnis hatte sich schon früh eine zweite Richtung Bahn gebrochen, welche in dem Schönheitsgefühle des Menschen ihren Ursprung hat. Dieselbe beschränkte sich in ihren ersten Anfängen auf die Benutzung des Laubwerkes und der Blumen wild wachsender Pflanzen zu Schmuck und Zierat, veranlaßte aber später auch die Anzucht schöner Gewächse in Gärten und führte schließlich zur Ziergärtnerei und Gartenkunst, die in verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Völkern, entsprechend der eben maßgebenden Auffassung des Schönen, die mannigfachsten Phasen durchlaufen haben.

Beschreibung und Unterscheidung der Pflanzenformen.

Eine dritte Richtung der Pflanzenkenntnis wurzelt in der Neigung der mit einem lebhaften Formensinne begabten Menschen, in die Mannigfaltigkeit der Gestalten bis in ihre letzten Einzelheiten Einsicht zu gewinnen, alle unterscheidbaren Formen nach ihrer äußern Ähnlichkeit zu gruppieren und zu ordnen, nach Rang und Würde zu benennen, in Katalogen zu verzeichnen und die gebildeten Register in stand zu halten. Bei vielen kommt dazu noch der merkwürdige Sammeltrieb, der nur im Zusammentragen und Aufhäufen und im Besitze umfangreicher Reihen jener Gegenstände, denen sich seine Leidenschaft zugewendet hat, eine Befriedigung findet.

Für die Geschichte der Botanik ist diese Richtung des menschlichen Geistes sehr wichtig geworden. Ihre ersten Spuren lassen sich mit Sicherheit weit über den Beginn unsrer Zeitrechnung zurückführen; denn was die von Theophrast um das Jahr 300 v. Chr. geschriebene „Naturgeschichte der Pflanzen" an Beschreibungen und andern einschlägigen Notizen enthält, basiert zum größten Teile auf den Erfahrungen und Beobachtungen der Rhizotomen, Ärzte und Landwirte, und es geht aus dem Texte der Schrift deutlich hervor, daß diese Gewährsmänner nicht alle und nicht ausschließlich nur mit Rücksicht auf die ökonomische und medizinische Benutzung, sondern auch um ihrer selbst willen die Pflanzen aufsuchten und unterscheiden lernten. In der Römerzeit und im Mittelalter fehlte freilich jedes Streben, sich um Gewächse zu kümmern, für welche keinerlei Verwendung bekannt war. Einen großen Aufschwung erfuhr dagegen das Aufsuchen, Beschreiben und Verzeichnen aller unterscheidbaren Pflanzenformen in jenem Zeitabschnitte, in welchem sich bei den Völkern des Abendlandes das Bedürfnis nach dem Studium der hellenischen Geistesschätze, das Streben, die Anschauungsweise des Altertumes sich anzueignen, und der Wunsch, die eignen Zustände mit derselben in Einklang zu bringen, Bahn zu brechen begann. Es war dies derselbe Zeitabschnitt, in welchem auch die Kunst, von den Traditionen des Mittelalters sich lossagend, einer auf das Studium der Antike basierten neuen Auffassung zu huldigen anfing, und es mag wohl die Wissenschaft, insonderheit die Naturwissenschaft, jene denkwürdige Zeit mit Recht gerade so wie die Kunst als ihre Renaissanceperiode bezeichnen. Mochte die Beschäftigung mit den naturgeschichtlichen Schriften der alten Griechen, der man sich im 15. Jahrhundert mit so jugendlicher Begeisterung zuwandte, dem Wissensdrange jener Zeit auch nicht genügen, so läßt sich doch nicht verkennen, daß dieselbe, ähnlich wie im Bereiche der Kunst, anregend und reformierend einwirkte und zu jenem so lange vergessenen Borne hinführte, aus welchem ja auch die Alten selbst geschöpft hatten, nämlich zu der unmittelbaren Erforschung der Natur, zu jenem unerschöpflichen Quell, der auf alle Zweige menschlichen Wissens und Schaffens zu jeder Zeit befruchtend und neubelebend eingewirkt hat.

Was insbesondere die Pflanzenkenntnis anlangt, so hatte das Studium der alten Griechen im Süden und Norden des Abendlandes alsbald zum eifrigsten Aufsuchen und Unterscheiden der heimischen Gewächse hingeleitet und nicht bloß einen unwiderstehlichen Forschungsdrang, sondern auch eine unermüdliche Arbeitslust angeregt, deren Ergebnisse wir in zahlreichen dickleibigen auf uns gekommenen „Kräuterbüchern" noch heute anstaunen. Durchblättert man diese Folianten, die der Mehrzahl nach der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts entstammen, und sucht man in denselben nach einem leitenden Gedanken, welcher bei der Anordnung des Stoffes maßgebend gewesen sein konnte, so wird man sie freilich noch unbefriedigt beiseite legen müssen. Die Pflanzen wurden eben von den Autoren beschrieben und abgehandelt, wie sie ihnen gerade in den Wurf gekommen waren, und nur hier und da findet man einen schwachen Anlauf, physiognomisch nahestehende Pflanzenarten aneinander zu reihen und in Gruppen zusammenzufassen. Auch auf die geographische

Verbreitung wurde nur ganz beiläufig Rücksicht genommen. Pflanzen des heimatlichen Bodens, Kräuter, die man aus den von fahrenden Theriak-Krämern eingehandelten Samen im Garten zum Keimen und Blühen gebracht, sowie endlich Gewächse, deren Früchte als Kuriositäten immer häufiger aus der aufgeschlossenen Neuen Welt nach Europa gebracht wurden, würfelte man bunt durcheinander, und alles Streben ging damals sichtlich dahin, aufzuzählen und zu beschreiben, was nur immer unter den belebenden Strahlen der Sonne zu ergrünen und Früchte zu reifen vermochte.

An die heimische Scholle gebannt, hatte die Mehrzahl der botanischen Schriftsteller jener Zeit nur ganz dunkle Ahnungen von der Verschiedenheit der Pflanzendecke andrer Zonen und Regionen. In der Meinung, die von Theophrastus, Dioskorides und Plinius vor Jahrhunderten beschriebenen, den Küstenländern des Mittelmeeres angehörenden Pflanzen müßten mit den Gewächsen ihrer rauhern Heimat identisch sein, wandten insbesondere die deutschen „Väter der Botanik" die alten griechischen und lateinischen Pflanzennamen unbedenklich auch auf die Pflanzenarten ihrer Umgebung an und waren von der Übereinstimmung der deutschen, griechischen und italienischen Flora so fest überzeugt, daß sie selbst die zahlreichen Widersprüche in den Beschreibungen nicht irre machen und nicht abhalten konnten, immer wieder in langen Erörterungen zu untersuchen, ob Theophrast und Dioskorides diese oder jene Pflanze mit einem bestimmten Namen gemeint haben dürften. Erst nach und nach gab man diese unfruchtbaren Verhandlungen über die griechischen und lateinischen Namen der Gewächse, mit denen man viele Seiten der Kräuterbücher füllte, auf. Man lernte allgemach einsehen, daß den vergilbten Blättern der alten Schriften, trotz aller Pietät vor ihrem anregenden Werte, das grüne Buch der Natur doch noch weit vorzuziehen sei, und gab sich nun ganz der unmittelbaren Erforschung der heimischen Pflanzenwelt hin. Indem Hieronymus Bock in seinem 1546 erschienenen „Kreuterbuch, darin die Kreuter, so in deutschen Landen wachsen, aus langwiriger und gewisser erfarung beschriben werden", die damalige Streitfrage erörtert, ob sich der lateinische Name Erica auf das Heidekraut Deutschlands beziehe oder nicht, und meint: „Die bekanteste gewechse seind in Latein die onbekanteste worden", ruft er schließlich aus: „Es seie nun Erica Heiden oder nit, so ist es doch ein schön edel lustigs streuchel, mit vilen runden braunfarben zinklin besetzt, die seind mit seer vast kleinen grünen bletlin durchaus geschmuckt, anzusehen wie das wolriechend Cypressenkraut"; und noch an zahlreichen andern Stellen verliert er nach langatmigen philologischen Auseinandersetzungen über die alten Namen schließlich die Geduld und meint, man sollte den Streit um diese Nomenklatur eigentlich bleiben lassen.

Der Belgier Charles de l'Ecluse, latinisiert Clusius, emanzipierte sich endlich vollständig von den philologischen Haarspaltereien, er ist auch der erste, welcher in seinen umfangreichen, zu Ende des 16. Jahrhunderts erschienenen Werken den Nützlichkeitsstandpunkt beiseite ließ und nur von dem Wunsche geleitet war, alles, was da sproßt und blüht, kennen zu lernen, zu unterscheiden, zu beschreiben, womöglich auch abzubilden, im Garten zu kultivieren und wohlerhalten getrocknet aufzubewahren. In jene Zeit fällt eben auch die Anlegung von Sammlungen getrockneter Pflanzen, welche man zuerst „Hortus vivus", später „Herbarium" nannte, und mit denen man alsbald alle naturhistorischen Museen ausstattete. Clusius war auch der erste, welcher, beseelt von dem Wunsche, mit eignen Augen zu sehen, wie die Pflanzenwelt jenseit der Berge aussehe, botanische Reisen ausführte und zum Zwecke der Erweiterung der Pflanzenkenntnis Europa von den spanischen Sierren bis an die Grenzen der ungarischen Pußten und vom Strande des Meeres bis hinauf zu den Gipfeln der Norischen Alpen durchstreifte. Diese botanischen Reisen wurden allmählich auf immer weitere Kreise ausgedehnt und so aus allen Zonen und Weltteilen reichliches Material herbeigeschleppt.

Bis in die ersten Dezennien des 18. Jahrhunderts hatte sich auf diese Weise eine außerordentliche Menge von Einzelbeobachtungen angesammelt, und schließlich wurde denn doch das Bedürfnis immer dringender, diesen aufgehäuften Wust einmal zu sichten und zu ordnen. Als daher Linné die durch Jahrhunderte angesammelten Detailarbeiten mit unglaublichem Fleiße und in fabelhaft kurzer Zeit bewältigte und das ganze zerstreute Material übersichtlich gruppierte, konnte er der allgemeinsten Anerkennung sicher sein. Linné hatte an Stelle der schwerfälligen ältern Bezeichnungen für die einzelnen Pflanzenarten kurze Namen eingeführt und gelehrt, die Arten oder „Spezies“ durch bündige Beschreibungen zu unterscheiden. Es wurden von ihm zu diesem Behufe die Glieder, in welche die Pflanze auswächst, als Wurzel, Stamm, Laubblatt, Deckblatt, Kelch, Korolle, Staubgefäß, Pistill, Frucht und Same definiert, von diesen Gliedern wieder bestimmte Gestalten, so beispielsweise der Schaft, der Halm, der Stengel, als Formen des Stammes und noch überdies die Teile eines jeden Gliedes, wie z. B. an den Staubgefäßen: der Staubfaden, die Anthere und der Pollen, am Pistille: der Fruchtknoten, der Griffel und die Narbe, unterschieden und für jedes dieser Dinge ein Kunstausdruck (terminus) festgestellt. Mit Hilfe der so gebildeten botanischen Sprache wurde es dann möglich, nicht nur die Beschreibungen der Pflanzenarten kurz zu fassen, sondern auch die ähnlichen Arten nach diesen Beschreibungen wiederzuerkennen und zu „bestimmen“, d. h. anzugeben, welcher Name ihnen von den Botanikern gegeben worden war, und in welche Gruppe sie gehörten.

Als Einteilungsgrund benutzte Linné für das von ihm aufgestellte „System“ die Verhältnisse der Blütenteile. Die Zahl, die relative Länge, die Verwachsung und die Verteilung der Staubgefäße bildeten die Anhaltspunkte zur Unterscheidung der „Klassen“ dieses Systemes. In jeder Klasse wurden dann mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Fruchtanlage, zumal der Zahl der Griffel, die „Ordnungen“ unterschieden, und jede Ordnung zerfiel wieder in enger begrenzte Gruppen, welche als „Gattungen“ bezeichnet wurden. An die 23 Klassen der Blütenpflanzen (Phanerogamen) reihte Linné dann noch als 24. Klasse die blütenlosen Pflanzen (Kryptogamen), die wieder mit Rücksicht auf den allgemeinen Eindruck, den sie hervorbringen, sowie mit Rücksicht auf ihr Vorkommen in mehrere Gruppen (Farne, Moose, Algen, Pilze) unterschieden wurden.

Diese Methode hatte sich im Fluge die gebildete Welt erobert. Engländer, Deutsche und Italiener arbeiteten jetzt als getreue Schüler Linnés im einheitlichen Sinne. Auch die Laienwelt betrieb mit großem Eifer Botanik im Linnéschen Stile, und man empfahl die Botanik insbesondere auch für die Frauen als einen harmlosen, den Geist nicht übermäßig anstrengenden Zeitvertreib. In Frankreich hielt Rousseau einem Kreise schöngeistiger Frauen Vorträge über Botanik, und auch Goethe fühlte sich von der „lieblichsten der Wissenschaften“, wie man damals die Botanik nannte, mächtig angezogen. Linné hatte als erster für Pflanzenverzeichnisse größerer oder kleinerer abgegrenzter Gebiete den Namen Flora eingeführt, selbst eine Flora von Lappland und Schweden geschrieben und damit auch für andre den Anstoß zur Abfassung solcher Pflanzenverzeichnisse gegeben, so daß schon Ende des 18. Jahrhunderts eine Flora Anglica, Pedemontana, Carniolica, Austriaca rc. vorlagen. Hiermit war denn auch jene Richtung, welche in der Betrachtung der fertigen äußern Gestalt der Pflanzen, in ihrer Unterscheidung, Beschreibung, Benennung und Gruppierung sowie in der Aufzählung der in einem bestimmten Landstriche heimischen Arten ihr einziges leitendes Ziel findet, auf einen gewissen Höhepunkt gelangt. Leider verirrte man sich später vielfach in ein geistloses Schematisieren, genügte sich mit Sammeln, Präparieren und Anlegen von Herbarien oder erging sich in endlose Debatten über die Frage, ob irgend eine von diesem oder jenem Forscher entdeckte, unterschiedene und beschriebene Pflanzenform den Rang einer Art beanspruchen könne oder als eine durch den Standort,

beziehungsweise durch die örtlichen Verhältnisse der Wärme, des Lichtes und der Feuchtigkeit bedingte Varietät zu gelten habe, und gefiel sich darin, hier eine Gruppe von Formen als Varietäten einer „Spezies“ zusammenzufassen, dort die von einem Autor beschriebene Art in mehrere Spezies zu trennen, ohne sich dabei auf die allein maßgebende, durch den Kulturversuch zu ermittelnde Beständigkeit oder Unbeständigkeit der Gestalt zu stützen, und ohne überhaupt bei diesem Spiele irgend ein konsequent durchgeführtes Prinzip festzuhalten.

Derartige Verirrungen bildeten aber für die Entwickelung dieser Richtung keine nennenswerte Schranke. Der Sammeltrieb, wie er einst Clusius beherrscht hatte, brach sich vielmehr in immer weitern Kreisen Bahn; die Pflanzenwelt der abgelegensten Teile der Erde wurde von botanischen Reisenden ohne materiellen Vorteil, nicht selten unter den größten Gefahren für die Gesundheit, ja selbst mit Aufopferung des Lebens durchforscht, und immer wieder erstanden in den folgenden Generationen in allen Ländern und in allen Schichten der Bevölkerung Tausende von Jüngern der „scientia amabilis“, welche, alle von einem unwiderstehlichen Drange hingerissen, der Erforschung der heimatlichen und fremdländischen Flora oder der minutiösesten Untersuchung der unscheinbarsten Abteilungen des Pflanzenreiches sich widmeten. Wer nicht im Banne solcher Leidenschaft steht, vermag es nicht zu begreifen, welche Seligkeit denjenigen erfaßt, der ein noch nicht bekanntes Moos zu entdecken das Glück hat, und es ist ihm auch unverständlich, wie der eine der Unterscheidung der Algen oder Flechten, der andre der monographischen Bearbeitung der Brombeeren oder Orchideen die Arbeitskraft seines halben Lebens widmen kann. Welche Ausdehnung diese Richtung im Laufe der Zeiten gewonnen hat, wird am besten ersichtlich, wenn man die Zahl der Arten berücksichtigt, welche in den botanischen Werken in verschiedenen Perioden beschrieben wurden. Während Theophrast in seiner „Naturgeschichte der Pflanzen“ etwa 500 Arten erwähnt und Plinius deren wenig mehr als 1000 aufzählt, waren im Zeitalter Linnés nahezu 10,000 bekannt geworden, und gegenwärtig dürfte die Zahl 200,000 fast voll sein, wozu allerdings bemerkt werden muß, daß die Hälfte der seit Linné beschriebenen Gewächse auf Rechnung der Sporenpflanzen kommt, deren Untersuchung erst durch die weite Verbreitung des Mikroskopes in neuerer Zeit ermöglicht wurde.

Das Mikroskop hatte auch zu Aufschlüssen über die innere Architektur der Pflanzen hingeführt. Nach einem schwachen Anlaufe vor 200 Jahren, welcher freilich alsbald wieder spurlos im Sande verlaufen war, wurde im Anfange unsers Jahrhunderts „der inwendige Bau der Gewächse“ mit um so größerm Eifer an der Hand des Mikroskopes studiert. Wie in Gebäuden, welche verschiedenen Stilen angehören, die Formen der einzelnen Flügel, Stockwerke, Gelasse, Erker und Giebel, nicht weniger jene der Säulen, Pilaster und Ornamente verschieden sind, so auch bei den Pflanzen. Da gibt es hohe und niedere Gemächer, Gewölbe, Gänge und Kanäle, dicke und dünne Grundschwellen und Strebepfeiler, Bausteine der verschiedensten Größe, Wandungen mit den mannigfachsten Skulpturen, und es war Aufgabe der Pflanzenanatomie, die Gewächse zu zergliedern, alle diese Bildungen unter dem Mikroskope zu ergründen, die so verschieden geformten elementaren Bausteine sowie den Grund- und Aufriß dieser Pflanzengebäude zu beschreiben und die verschiedenen Formen zu benennen, ähnlich wie es Linné mit den so mannigfaltig gestalteten Stengeln, Laubblättern, Blüten- und Fruchtteilen gethan hatte.

Metamorphosenlehre und naturphilosophische Spekulationen.

Neben diesem in kaum zu übersehender Breite dahinfließenden Strome der Forschung, dessen Ziel einzig und allein die Unterscheidung, Beschreibung und übersichtliche Einteilung der mannigfaltigen fertigen Formen ist, hat sich schon vor genau drei Jahrhunderten eine

andre Richtung angebahnt, welche die Gestalten in ihrem Werden berücksichtigt, sie auf ihren Ursprung zurückzuführen sucht, die unendliche Menge von Pflanzenarten, den Reichtum von Laub- und Blütenformen und die Fülle von Zell- und Gewebebildungen in ihrer Entwickelung von Stufe zu Stufe verfolgt, aus der Vielheit die Einheit herauszulesen, den Zusammenhang der auseinander hervorgegangenen Gestalten als einen gesetzmäßigen darzustellen und diese Gesetze in bestimmter Formulierung zum Ausdrucke zu bringen sich bemüht.

Zunächst wendete sich die Aufmerksamkeit der Botaniker dem Wechsel der Blattgestalt, jenem fesselnden Vorgange zu, welcher sich an allen Blütenpflanzen abspielt, wenn aus dem schwachen Keime allmählich ein blütentragender Sproß wird. In stufenweiser Aufeinanderfolge entstehen am Umfange des Stengels, welcher sich als Spindel oder Achse des Pflanzenstockes darstellt, Blattbildungen, wesentlich immer dieselben, aber doch fort und fort in ihrer Gestalt wechselnd, in ihrem Zuschnitte, ihrem Ausmaße und ihrer Färbung sich ändernd, je nachdem sie höher oder tiefer von der Achse ausgehen. Die Ursachen dieser Gestaltänderung klarzulegen, war ein anziehendes Problem, dessen Lösung durch sehr verschiedene Theorien angestrebt wurde. Nach der ältesten Erklärung, welche Cesalpino gegen Ende des 16. Jahrhunderts gegeben, und welche sich weit weniger auf sorgfältige Beobachtung als auf flüchtigen Vergleich und entfernte Ähnlichkeit der Gewebe stützt, wäre der Stengel zusammengesetzt aus einem lebensvollen zentralen Marke, das von den konzentrisch geschichteten Gewebezonen des Holzes, des Bastes und der Rinde mantelförmig umgeben wird. Jede der aus der Achse vorgeschobenen Blattformen hat nun nach dieser Theorie ihren Ursprung in einem der genannten Gewebe und zwar so, daß aus der Rindenschicht das grüne Laub und der grüne Kelch, aus der Bastschicht die Korolle, aus der Holzschicht die Staubgefäße und aus dem Marke die Fruchtknoten herauswachsen sollen. Auch die äußere Hülle einer Frucht dachte man sich aus der Rindenschicht des Fruchtstieles, die Samenschale aus dem Holze und das Innere des Samens aus dem Marke hervorgegangen.

Mit dieser Theorie wurde später auf Grund sorgfältigerer vergleichender Beobachtungen die sogenannte Prolepsislehre verbunden. Man dachte sich, daß das Mark des Stengels an bestimmten Stellen die Rinde durchbricht, um dort eine Knospe zu bilden, welche später zu einem Seitenzweige auswächst. Durch dieses seitliche Vordrängen des Markes werde der aufsteigende Nahrungssaft unter der angelegten Knospe gestaut, und infolge dieser Stauung wachse die Rinde unterhalb der Knospe zu einem Laubblatte aus. In der Knospe sind die Teile der künftigen Jahrestriebe schon vorgebildet und bilden dort übereinander stehende Stufen, von welchen jede höhere immer von der tiefern erzeugt wird. Mit beginnender Vegetationsthätigkeit nach Ablauf der Winterruhe wächst die Knospe aus. Kommt nur jener Teil der Knospe zur Entwickelung, welcher in ihr die Anlage für das erste Jahr bildet, so entsteht ein mit Laubblättern besetzter Sproß. Es können aber auch die in der Knospe geborgenen Anlagen für die folgenden Jahre angeregt werden, sich zu entwickeln, und ist das der Fall, so erscheinen diese antizipierten Bildungen nicht als Laubblätter, sondern in ihrer Form mehr oder weniger verändert als Deckblätter, Kelchblätter, Kronenblätter, Staubgefäße und Fruchtknoten. Wäre diese Antizipation nicht angeregt worden, so käme das, was nun zum Deckblatte auswächst, erst im darauf folgenden, d. h. im zweiten, Jahre als Laubblatt zur Entwickelung, es würde das, was zum Kelche wird, erst im dritten Jahre und zwar gleichfalls nur als Laubblatt in Erscheinung treten u. s. f. Diese Umgestaltung der Blätter oder, wie es Linné nennt, diese Metamorphose ist demnach die Folge der Antizipation, und als Ursache dieser Metamorphose, beziehungsweise dieser verfrühten Entwickelung wird von der Linnéschen Schule eine lokale Nahrungsabnahme angenommen. Man stellte sich vor, daß infolge geringen Zuflusses der Säfte die Blattanlagen nicht die Größe der Laubblätter

erreichen können, sondern rudimentär bleiben, wie das bei vielen Deckblättern der Fall ist, daß weiterhin auch die Achse sich nicht mehr zu verlängern im stande sei und demzufolge die von derselben ausgehenden Blättchen genähert bleiben, zusammenhängen und so den Kelch darstellen. Man stützte sich bei dieser Erklärung insbesondere auf die Erfahrung der Gärtner, daß ein Pflanzenstock in gutem Erdreiche bei reichlicher Ernährung lieber Laubsprosse als Blüten hervorbringt, während dann, wenn dieser Pflanzenstock in schlechteres Erdreich versetzt wird, wo ihm nur eine beschränkte Nahrung zugeführt wird, derselbe reichlich Blüten entwickelt.



Keimende Pflanzen mit Kotyledonen und Laubblättern: 1. Goldregen (Cytisus Laburnum) — 2. Kölreuterie (Koelreuteria paniculata) — 3. Spitzahorn (Acer platanoides). Vgl. Text, S. 11.

Aber auch noch eine dritte Erklärung dieses Verwandlungsprozesses, welcher sich als Umprägung der ihrem Ursprunge nach gleichen Teile in verschiedene Blattformen darstellt, wurde versucht. Man dachte sich als Ursache der verschiedenen Ausbildung ursprünglich gleicher Pflanzenteile die Filtrierung des Nahrungssaftes und zwar so, daß die von der Achse eines und desselben Stockes ausgehenden ursprünglich identischen Blattanlagen sich desto zarter gestalten, je mehr der ihnen durch die Gefäße zugeführte Nahrungssaft auf seinem Wege abgeklärt und verfeinert wird. Diese Erklärung der Metamorphose wurde zuerst von Goethe in einer vielbesprochenen und durch die Anregung zu ähnlichen Studien auch bedeutungsvoll gewordenen Schrift gegeben. Goethes Erklärung der Metamorphose läßt sich kurz in folgender Weise wiedergeben. Die Pflanze baut sich stufenweise auf aus einem Grundorgane, dem Blatte, welches von den Knoten eines Stengels ausgeht. Zuerst entwickeln sich an der aus dem Samen aufkeimenden jungen Pflanze, von dem untersten Knoten des

Stengels ausgehend und meist unter der Erde, jene Organe, welche man Samenlappen oder **Kotyledonen** genannt hat (s. Abbildung, S. 10). Sie sind von verhältnismäßig geringem Umfange, sind einfach, ungeteilt, ohne Spur von Einschnitten, präsentieren sich meistens in Gestalt von weißlichen, dicklichen Lappen, die, wie sich Goethe ausdrückt, mit einer rohen Materie gleichsam vollgestopft und nur grob organisiert sind. Goethe deutet diese Kotyledonen als die untersten, in der Entwickelungsreihe auf der tiefsten Stufe stehenden Blätter. Nach ihnen und über ihnen entwickeln sich an den folgenden Knoten des Stengels die **Laubblätter**; sie sind ausgedehnter, länger und breiter, oft am Rande eingekerbt, in Zipfel gespalten oder auch aus Teilblättchen zusammengesetzt und grün gefärbt. „Sie stehen auf einer höhern Stufe der Ausbildung und Verfeinerung, welche sie dem Lichte und der Luft schuldig sind.“ Noch weiter aufwärts erscheint dann die dritte Entwickelungsstufe des Blattes. Das, was Linné den **Kelch** nennt, ist wieder auf das Blatt zurückzuführen; es ist eine Ansammlung dieses Grundorganes und nur eigentümlich umgebildet. Diese zusammengedrängten Blätter, welche gewissermaßen im dritten Stockwerke des ganzen Pflanzengebäudes von den Stengelknoten ausgehen und dort den Kelch bilden, sind im Vergleiche zu den breit auslegenden Laubblättern klein, zusammengezogen und wenig mannigfaltig.

Auf der vierten Sprosse der Leiter, auf welcher das Blatt in seinem Streben, sich zu vervollkommnen, emporsteigt, erscheint das, was die Linnésche Terminologie die **Korolle** nennt. Die Korolle besteht, wie der Kelch, wieder nur aus mehreren um einen Mittelpunkt gruppierten Blättern. Hat im Kelche eine Zusammenziehung stattgefunden, so findet jetzt wieder eine Ausdehnung statt. Die Blätter, welche die Krone zusammensetzen, sind nämlich im allgemeinen umfangreicher als jene des Kelches, sie sind überdies zarter, feiner, prangen in bunten Farben, und Goethe, dessen Ausdrucksweise hier soweit wie möglich festgehalten ist, denkt sich dieselben auch mit feinern, reinern Säften erfüllt. Er stellt sich vor, daß diese Säfte in den tiefer stehenden Blättern und in den Gefäßen der tiefern Region des Stengels gewissermaßen filtriert werden und dadurch mehr und mehr vervollkommt in die obern Stockwerke gelangen; auch meint er, ein feinerer Saft müsse dann auch ein feineres, zarteres Gewebe bedingen (s. Abbildung, S. 12). Über der Korolle folgt nun auf der fünften Sprosse der Stufenleiter die Gruppe der **Staubgefäße**, Gebilde, welche zwar der gewöhnlichen Vorstellung eines Blattes nicht entsprechen, aber doch wieder nur als Blätter zu deuten sind. Im Bereiche der Korolle waren die Blätter ausgebreitet und durch ihren Farbenreiz in die Augen fallend, in den Staubgefäßen erscheinen sie auf das äußerste zusammengezogen, zum Teile fast fadenförmig, sie erscheinen in einem höchst verfeinerten Zustande, und in jenen Teilen dieser Staubgefäße, welche man die Antheren nennt, entwickeln sich die „Staubkügelchen“, in denen „ein höchst feiner Saft aufbewahrt ist“. An diese den Blütenstaub oder Pollen entwickelnden Blätter, in welchen die Zusammenziehung den äußersten Grad erreicht hat, schließt sich endlich das sechste Stockwerk, aus Blättern gebildet, die wieder breiter angelegt sind, und in welchen die Pflanze zum letztenmal eine Ausdehnung erfährt. Es sind die **Fruchtblätter**, die um den obersten Teil des Stengels zusammenschließen und die Samen umhüllen, welch letztere sich aus dem Gipfelpunkte des Stengels herausbilden. So vollendet die Pflanze in sechs Schritten ihren Lebenslauf. Sie baut sich aus Blättern auf, welche zwar, entsprechend den sechs Schritten zur Vervollkommnung, die mannigfachsten Gestalten annehmen, aber die „innere Identität“ nicht verkennen lassen. Bei dieser Verwandlung der Gestalt, dieser Metamorphose des Blattes wechselt dreimal Zusammenziehung mit Ausdehnung; jede Stufe ist vollkommener als die nächst tiefer stehende.

Indem Goethe auf diese Weise die Metamorphose zu erklären suchte und klarer als alle seine Vorgänger und Zeitgenossen „die mannigfaltigen besondern Erscheinungen des herrlichen Weltgartens auf ein allgemeines einfaches Prinzip zurückzuführen“ bemüht war,

gelangte er auch zur Vorstellung einer **Urpflanze**, einem Ideale, dessen Verwirklichung die Natur in tausendfachem Wechsel der einzelnen Teile erreicht. Diese Abstraktion der „in drei Wellenbergen" oder Ausdehnungen (Laubblatt, Korollenblatt, Fruchtblatt) und „drei Wellen-

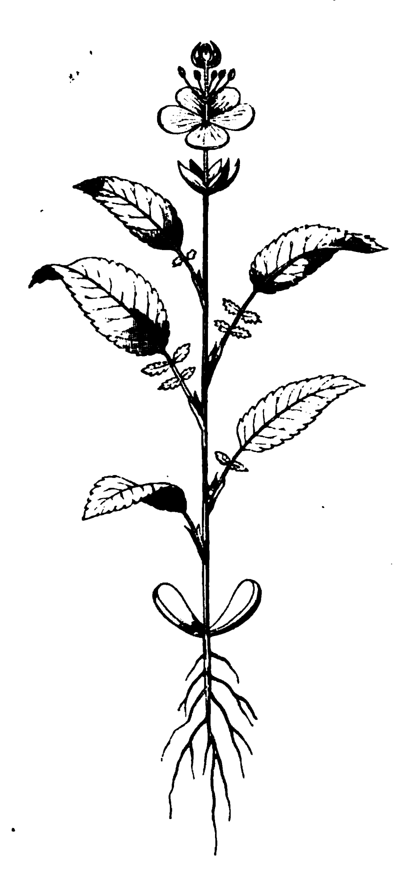


Blattmetamorphosen, am Mohne dargestellt. 1. Keimende Pflanze mit Kotyledonen. — 2. und 3. Dieselbe Pflanze weiter entwickelt mit Laubblättern; an 3. die Kotyledonen und untersten Laubblätter bereits verwelkt. — 4. Dieselbe Pflanze mit einer Blütenknospe, an welcher die zusammenschließenden Kelchblätter sichtbar sind. — 5. Die Blüte geöffnet; Korollenblätter, Staubgefäße und Fruchtblätter (Pistill) entwickelt. Vgl. Text, S. 11.

thälern" oder Zusammenziehungen (Samenblatt, Kelchblatt, Staubblatt) sich entwickelnden und vollendenden Pflanze, wie sie die Abbildung auf S. 13 zur Anschauung bringt, gilt auch heute noch als die **Goethesche** „Urpflanze" und ist **Goethes** eigenste Erfindung. Wenn

Goethe aber auch als Begründer der Lehre von der Metamorphose der Pflanzen bezeichnet wird, so ist das nicht ganz richtig; denn er hat eigentlich nur eine andre Erklärung und Darstellung einer schon von Linné unter dem Namen Metamorphose begriffenen Erscheinung versucht. Linné hatte die Pflanzenmetamorphose mit der Metamorphose der Insekten in Parallele gestellt, verglich insbesondere den Kelch mit der geplatzten Raupenhaut und die innern Blütenteile mit dem vollkommenen Insekte (Imago), suchte auch sonst mehrfach nach Analogien zwischen der Entwickelung von Pflanzen und Tieren und hatte dadurch den Naturphilosophen in den ersten Dezennien unsers Jahrhunderts ein weites Feld für ihre Spekulationen aufgeschlossen.

Das Feld wurde nun auch reichlich bebaut, und die naturphilosophischen Schriftsteller waren geradezu unermüdlich, das von Linné zuerst angeschlagene Thema zu erweitern und zu variieren. „Die Pflanze ist eine aus der Erde in die Luft gegen das Licht gezogene Magnetnadel, sie ist ein galvanisches Wasserbläschen und als solches Erde, Wasser und Luft. Das Pflanzenbläschen bekommt zwei entgegengesetzte Enden, ein identisches Erdende und ein dyadisches Luftende, und so muß die Pflanze angesehen werden als der Organismus, welcher ein beständiges Bestreben äußert, einerseits Erde, anderseits Luft, einerseits identisches Metall, anderseits duplexe Luft zu werden. Die Pflanze ist ein Radius, der gegen das Zentrum identisch wird, gegen die Peripherie sich teilt oder auseinander fährt, sie ist daher kein ganzer Kreis oder Kugel, sondern nur ein Ausschnitt einer solchen. Dagegen bildet das einzelne Tier eine Sphäre für sich allein und ist daher so viel wert wie alle Pflanzen zusammen. Die Tiere sind ganze Weltkörper, Trabanten oder Monde, welche selbständig um die Erde kreisen; hingegen gleichen nur alle Pflanzen zusammen einem Weltkörper. Ein Tier ist eine Unendlichkeit von Pflanzen. Eine Blüte, welche, vom Stamme getrennt, durch eigne Bewegung sich selbst den galvanischen Prozeß oder das Leben erhält, ist ein Tier. Ein Tier ist eine Blütenblase, von der Erde losgetrennt, im Wasser und in der Luft allein lebend durch eigne Bewegung.“ In diesem Stile geht es schier endlos fort auf vielen Seiten der naturphilosophischen Schriften Okens und andrer gleichzeitiger Naturforscher, und es scheint heutzutage kaum mehr glaublich, daß solche Sätze damals als geistreiche, tiefsinnige Sprüche bewundert wurden, ja daß man sie sogar botanischen und zoologischen Abhandlungen als Motto voraussetzte. Es verdient ganz besonders hervorgehoben zu werden, daß noch im Jahre 1843 Unger für eine seiner ersten entwickelungsgeschichtlichen Schriften, welche den Titel führt: „Die Pflanze im Momente der Tierwerdung“, die letzte der oben angeführten Stilblüten aus Okens „Naturphilosophie“ als Motto benutzte.


Goethes „Urpflanze“. Vgl. Text, S. 12.

Die übersichtlichen Einteilungen oder die Systeme des Pflanzenreiches, welche von den Anhängern der naturphilosophischen Schule entwickelt wurden, waren begreiflicherweise ebenso absurd wie die Spekulationen, auf welche man sie stützte. In seinem „Philosophischen

Pflanzensysteme" entwickelt Oken zunächst den Gedanken, daß das Pflanzenreich eine auseinander gelegte Pflanze sei. Da die ideale höchste Pflanze aus fünf Organen zusammengesetzt sei, müsse es auch fünf Klassen: die Wurzelpflanzen, Stengelpflanzen, Laubpflanzen, Blumenpflanzen und Fruchtpflanzen, geben. Die Welt wird aus den Elementen: Ird, Wasser, Luft und Feuer gebildet. Darauf wird nun die Einteilung der Wurzelpflanzen in Irdpflanzen oder Flechten, Wasserpflanzen oder Pilze, Luftpflanzen oder Moose, Lichtpflanzen oder Farne gestützt. Von dem Satze ausgehend, daß alle Gruppen parallel gehen und immer eine frühere Gruppe das Einteilungsprinzip für eine folgende ist, wird dann z. B. die zweite Klasse, die der Stengelpflanzen, entsprechend der Einteilung der Irde in Erden, Salze, Bronze und Erze, in Erdpflanzen oder Gräser, Salzpflanzen oder Lilien, Bronzepflanzen oder Gewürze und Erzpflanzen oder Palmen eingeteilt.

Entwickelungsgeschichtliche Methode.

Wenn so die Lehre von der Metamorphose und die Idee der Urpflanze einerseits in das unfruchtbarste Gedankenspiel ausartete, so wurde sie anderseits auch zur Quelle jener entwickelungsgeschichtlichen Richtung, welche auf alle Zweigdisziplinen der Botanik befruchtend einwirkte. Man gelangte zur Überzeugung, daß jede lebende Pflanze eine stetige Umgestaltung erfährt, die in einer bestimmten Reihenfolge vor sich geht, daß sich also jede Art nach einem in den allgemeinen Umrissen festgestellten Plane aufbaut und nur in Äußerlichkeiten Abweichungen zeigt, die freilich bei flüchtiger Betrachtung oft weit mehr in die Augen fallen als die Richtung und Lage jener Teile, welche, Grundmauern gleich, die unverrückbare Stütze des ganzen Bauwerkes bilden. Um aber den Bauplan zu ermitteln, war es notwendig, zurückzugehen bis auf das erste Sichtbarwerden eines jeden Gliedes des Pflanzenstockes und festzustellen, wie sich die ersten Anlagen des Embryos, wie sich die Anfänge der Wurzeln, des Stengels, des Laubes und der Blütenteile bilden und ausgestalten, ob sie sich mächtig ausbreiten, spalten und teilen, oder ob sie zurückbleiben, verkümmern und von benachbarten überwuchernden Gliedern verdrängt und unterdrückt werden.

Diese entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen der einzelnen Teile der Blütenpflanzen und noch mehr die durch die Vervollkommnung des Mikroskopes ermöglichten Beobachtungen der Entwickelung der Kryptogamen oder Sporenpflanzen führten aber naturgemäß auch zur Entwickelungsgeschichte der elementaren Gebilde, aus welchen sich alle Gewächse aufbauen. Man hatte früher dreierlei Elementarorgane, nämlich Bläschen, Gefäße und Fasern, angenommen. Die Beobachtungen von R. Brown und Mohl führten aber dahin, daß der gemeinsame Ausgangspunkt dieser Elementarorgane die Zelle sei; sie führten auch zu der Entdeckung des Protoplasmas, als des bildenden, lebendigen Teiles der Zelle, und zu dem Resultate, daß sich jede Zelle in den protoplasmatischen Zellenleib und in die Zellhaut sondert, sowie daß die Hülle des Zellenleibes oder die Zellhaut, welche man früher als die ursprüngliche Bildung auffaßte, das Produkt des von dieser Hülle umgebenen Protoplasmas sei, eine Entdeckung, welche eine vollständige Reform in der Auffassung der Zellen überhaupt im Gefolge hatte. Die weitern Untersuchungen führten auch zu dem Ergebnisse, daß die Art und Weise, wie die Zellen auswachsen, und wie sie sich vervielfältigen, nach bestimmten Regeln stattfindet, und daß auch bei den Vorgängen des Aneinanderreihens der durch Vervielfältigung entstandenen Tochterzellen bei jeder Pflanzenart ein bestimmter Bauplan zu erkennen ist, der in letzter Linie mit dem Bauplane der ganzen Pflanze in ursächlichem Zusammenhange stehen muß. Die in dieser Richtung im Verlaufe weniger Dezennien gewonnenen Resultate sind außerordentlich reichlich. Ihre Fülle ist aus dem fesselnden Reize zu erklären, welchen das Verfolgen des Werdens und Umgestaltens lebendiger Gebilde, die

Beobachtung geheimnisvoller Vorgänge, welche dem unbewaffneten Auge gänzlich verschlossen sind, auf jeden Beobachter ausübt.

Im Bereiche jener Gewächse, welche die ältern Botaniker unter dem Namen Kryptogamen zusammenfaßten, erschloß sich eine neue Welt. Die Vorgänge der Fortpflanzung und Verjüngung dieser Pflanzenformen durch einzelne Zellen oder Sporen wurden in einer ungeahnten Mannigfaltigkeit aufgedeckt; Dinge, welche man früher mit Rücksicht auf ihre äußere Form ganz verschiedenen Gruppen zuzählte, stellten sich als zusammengehörig, als Entwickelungsstufen einer und derselben Art dar, und es ergab sich als Konsequenz dieser Entdeckungen eine auf die Entwickelungsgeschichte begründete ganz neue systematische Gruppierung in dieser Abteilung des Gewächsreiches. Aber auch die systematische Gruppierung der Blütenpflanzen oder Phanerogamen erfuhr eine wesentliche Umgestaltung. Das auf die Zahlenverhältnisse der Blütenteile gestützte Linnésche System war allerdings schon früher durch eine andre Einteilung ersetzt worden und zwar von den Franzosen Jussieu und De Candolle, welche Systeme entwickelten, die man dem künstlichen Linnéschen Systeme als natürliche gegenüberstellte. Im Grunde unterschieden sich aber diese letztern von der Einteilung Linnés nicht anders als dadurch, daß die Einteilungsgründe vermehrt und erweitert worden waren. Nur die Haupteinteilung der Blütenpflanzen in solche, welche mit nur einem Samenlappen keimen (Monokotyledonen), und jene, deren Keimling zwei Samenlappen trägt (Dikotyledonen), konnte als Anlauf zu einem auf die Entwickelungsgeschichte basierten Systeme gelten; aber schon die Gruppierung der Dikotyledonen in solche, deren Blüten der Korolle entbehren (Apetalen), solche, die eine aus verwachsenen Blättern oder Petalen gebildete Korolle haben (Monopetalen), und solche, welche eine Korolle aus nicht verwachsenen Blättern besitzen (Dialypetalen), war jedenfalls eine gezwungene und nur auf äußerliche Merkmale gegründete.

Das System, welches der Ausfluß der Entwickelungsgeschichte ist, geht nun von dem Gesichtspunkte aus, daß die Ähnlichkeit der fertigen Gestalten für die Zusammengehörigkeit derselben nicht immer entscheidend ist, und daß die Verwandtschaft der Pflanzenformen viel sicherer durch die gleichen Gesetze des Werdens, durch die gleichen Vorgänge bei der Verjüngung erkannt wird. Gewächse, welche im fertigen Zustande eine sehr abweichende äußere Gestalt zeigen, sind doch als nahe verwandt anzusehen, wenn sie nach dem gleichen Plane sich aufbauen, und umgekehrt. Daß ein auf diese Grundsätze gestütztes System einen wesentlichen Fortschritt bedeutet, läßt sich nicht in Abrede stellen; anderseits läßt sich aber auch nicht verkennen, daß es großen Schwierigkeiten unterliegt, aus den vielen Erscheinungen, welche im Verlaufe der Entwickelung einer Pflanze beobachtet werden, die richtige Auswahl zu treffen und festzustellen, was von diesen Erscheinungen auf Rechnung des einer größern Anzahl von Pflanzen gemeinsamen Bauplanes zu bringen und daher als Stammeseigentümlichkeit aufzufassen ist, und was nur als Ausdruck der auf das Werden der untersuchten Pflanze Einfluß nehmenden Lebensbedingungen zu gelten hat.

Ziele der Forschung in der Gegenwart.

Die beschreibenden Botaniker kümmern sich nur um die fertige Form der Pflanze, die vergleichende spekulative Gestaltlehre sucht die so mannigfaltig ausgebildeten Pflanzenformen auf ein einfaches Urbild zurückzuführen, die Entwickelungsgeschichte berücksichtigt das Werden der Gestalten; aber alle diese Richtungen sind der Frage nach der Bedeutung der Gestalten für das Leben der Pflanze fern geblieben. Die Forschungsrichtung, welche das Leben der Pflanze als eine Reihe physikalischer und chemischer Vorgänge

auffaßt und die Gestalten der Gewächse aus ihren Beziehungen zur Außenwelt zu erklären versucht, konnte sich auch mit einiger Aussicht auf Erfolg erst zu einer Zeit entwickeln, in welcher Physik, Chemie und andre verwandte Wissenschaften einen hohen Grad der Ausbildung erfahren hatten, und nachdem man zur Überzeugung gelangt war, daß auch die Erscheinungen des Lebens nur an der Hand des Experimentes ergründet werden können.

Die ersten Versuche zur Erklärung der Bedeutung der einzelnen Teile für das Leben der Gewächse können allerdings bis auf Aristoteles und dessen Schule zurückgeführt werden, die Vorstellungen aber, welche sich jene Zeit von dem Pflanzenleben machte, sind doch nicht viel mehr als phantastische Träume, und die Anerkennung, die man denselben entgegenbringt, ist wohl mehr durch die Pietät für das Alte als durch den wirklichen Wert dieser Erklärungsversuche begründet. Auf das Experiment gestützte Untersuchungen von Lebenserscheinungen der Pflanzen wurden erst im Anfange des vorigen Jahrhunderts von Hales ausgeführt, und so recht in Fluß kam diese Forschungsrichtung, welche jede Zelle als ein kleines chemisches Laboratorium auffaßt, die Ernährung, die Saftströmung, das Wachstum, die Bewegungserscheinungen, kurz alle Lebensvorgänge mechanisch zu erklären und die Gestalt mit diesen Vorgängen in ursächlichen Zusammenhang zu bringen sucht, eigentlich nicht vor der ersten Hälfte des laufenden Jahrhunderts. Bemerkenswert ist die geänderte Aufeinanderfolge der diesbezüglichen Untersuchungen. Während von der beschreibenden, der spekulativen und der entwickelungsgeschichtlichen Richtung zuerst die ganze Pflanze, dann deren einzelne Glieder und schließlich die Zellen und das Protoplasma berücksichtigt wurden, erfaßte man auf dem neuen Forschungsgebiete zuerst die Lebensgeschichte der Elementarorgane, dann die Bedeutung, welche die Gestalt der einzelnen Glieder der Pflanze für das Leben hat, und endlich die Erscheinungen, welche durch das Zusammenleben der mannigfaltigen Pflanzen- und Tierformen bedingt werden.

Die moderne Forschung, beherrscht von dem Wunsche, die Ursachen aller Erscheinungen klarzulegen, begnügt sich nicht mehr mit der Kenntnis des Werdens der Zellen, der Anordnung verschieden gestalteter Zellformen, der Ausbildung ihrer Inhaltskörper, der Veränderungen, welche die Zellhaut erfährt, sondern wir fragen heute: Welche Aufgabe kommt den verschiedenen Körpern zu, die sich in dem Protoplasma ausbilden? Warum verdickt sich die Zellhaut hier gerade so und nicht anders? Welche Bedeutung haben alle diese so abweichend gestalteten engen und weiten Röhren und Kanäle? Welche Rolle spielen die eigentümlichen Mündungen dieser Kanäle, und warum sind diese Mündungen an den verschiedenen Pflanzen unter geänderten äußern Verhältnissen so mannigfaltig verteilt und gestaltet? Wir begnügen uns nicht mehr, festzustellen, wie die Anlage eines Pflanzengliedes auswächst, sich hier mächtig ausbreitet und vielfach zerspaltet oder aber zurückbleibt und verkümmert, sondern wir fragen, warum hier die eine Anlage sich wuchernd entwickelt, die andre von ihr unterdrückt wird. Nichts ist da für unsre Neugierde ohne Bedeutung, weder die Richtung, Dicke und Gestalt der Wurzeln noch der Zuschnitt, die Berippung und die Lage der Laubblätter, weder der Bau und die Farbe der Blumen noch die Form der Früchte und Samen; und wir setzen voraus, daß selbst jeder Stachel, jede Borste und jedes Haar eine besondere Aufgabe zu erfüllen habe. Aber auch die Beziehungen der abweichend ausgebildeten Organe eines und desselben Pflanzenstockes zu einander und nicht weniger die gegenseitigen Beziehungen gesellig wachsender Pflanzenarten sucht man zu erklären. Schließlich drängt diese Forschungsrichtung, welche in raschen Aufschwung gebracht zu haben, das große Verdienst Darwins ist, auch zur Lösung der Frage nach dem letzten Grunde der Verschiedenheiten der Gestalten, der nur in der Verschiedenheit des Protoplasmas gesucht werden kann; sie erklärt aus der Ähnlichkeit der Konstitution des Protoplasmas die Verwandtschaft der Arten und entwickelt endlich, gestützt auf die

Verwandtschaftsverhältnisse der jetzt lebenden und der untergegangenen Gewächse, den genetischen Zusammenhang der tausenderlei Formen, die Geschichte der Pflanzen und des Pflanzenlebens der ganzen Erde.

Die mit ihren Aufgaben und Zielen im vorhergehenden geschilderten Richtungen botanischer Forschung stehen miteinander in einem ziemlich losen Zusammenhange; sie fließen nebeneinander in gesonderten Betten dahin, und nur ab und zu zeigt sich eine Verbindung, welche aus dem Fahrwasser des einen Stromes in jenes des andern hinüberführt. Nur der Gegenstand der Betrachtung ist immer derselbe. Ob wir die fertige Form berücksichtigen oder das Werden derselben darstellen, die Lebensvorgänge zu deuten, den Stammbaum des Pflanzenreiches zu entwickeln suchen, immer ist es die Gestalt der Pflanzen, von welcher wir ausgehen, und immer ist es in letzter Linie nur die Beschreibung der wechselnden Eindrücke, welche wir von dem beobachteten Gegenstande in verschiedenen Zeiten empfangen, und die wir miteinander in Verbindung zu bringen suchen. Alle die verschiedenen Richtungen der Botanik kommen daher über das Beschreiben nicht viel hinaus, und selbst dann, wenn wir die Erscheinungen des Lebens auf mechanische Vorgänge zurückzuführen uns bestreben, können wir nur beschreiben, was geschieht, und nicht eigentlich erklären. Die Vorgänge, welche wir Leben nennen, sind Bewegungen; die Ursachen dieser Bewegungen, die sogenannten Kräfte, sind aber rein formale Begriffe, bei denen wir uns nichts Wirkliches denken, und unser Kausalitätstrieb wird daher durch die Mechanik auch nur scheinbar befriedigt. Diesen Gedankengang einhaltend, hat Du Bois-Reymond nicht unrecht, wenn er schließlich zu dem etwas paradox klingenden Ausspruche kommt, daß zwischen der Beschreibung der Trajektorie (Kurve von bestimmter Art) eines geworfenen Körpers und der Beschreibung eines Käfers oder eines Baumblattes kein Unterschied bestehe.

Mögen aber auch die letzten Gründe der Lebenserscheinungen unerklärt bleiben, schon dadurch, daß wir eine Erscheinung auf ihre nächsten Ursachen zurückführen, findet das in unserm modernen naturwissenschaftlichen Denken eingewurzelte Bedürfnis, alle Vorgänge als Wirkungen aufzufassen und uns die Ursachen dieser Wirkungen anschaulich zu machen, eine wenigstens teilweise Befriedigung. Gerade in der Verknüpfung der ermittelten Thatsachen, in der Bildung von Vorstellungen des Zusammenhanges der beobachteten Erscheinungen liegt ein unwiderstehlicher Reiz, eine fortwährende Anregung zu neuem Forschen. Auch mit der Gewißheit, die Wahrheit niemals vollständig ergründen zu können, werden wir doch immer nach der Wahrheit suchen. Und zwar ist der Forschungsdrang, dieses Bedürfnis nach Erklärung der Thatsachen, der Wunsch, die stummen Rätsel, als welche uns die Pflanzengestalten gegenüberstehen, zu lösen, desto lebhafter, je lebendiger die Einbildungskraft des Forschers ist, jene herrliche Gabe der Phantasie, deren Bedeutung und Berechtigung in naturgeschichtlichen Fragen nicht hoch genug angeschlagen werden kann.

Wenn wir erwägen, ob die an einer Pflanze beobachteten Merkmale ererbte, unveräußerliche und beständige oder aber nur durch örtliche Einflüsse des Klimas und Bodens bedingte sind, und auf diese Erwägungen hin entscheiden, ob die betreffende Pflanze als Art oder Varietät aufzufassen ist; wenn wir aus der übereinstimmenden Entwickelungsgeschichte mehrerer Pflanzenarten auf die Verwandtschaft derselben schließen und sie in Gruppen und Reihen zusammenstellen; wenn wir auf Grund des Vergleiches der jetzt lebenden mit den untergegangenen Formen die Stammbäume des Pflanzenreiches entwickeln, oder wenn wir, gestützt auf die Erscheinungen, welche die Zellhaut darbietet, den molekularen Aufbau derselben anschaulich darzustellen suchen; wenn wir der Bedeutung der eigentümlichen Verdickungen und Skulpturen dieser Zellhaut nachforschen oder die bizarren

Gestalten der Blüten und Früchte als Mechanismen auffassen, sie mit den Gestalten gewisser Tiere in Verbindung bringen und abschätzen, inwieweit diese Einrichtungen für die Pflanze vorteilhaft oder unvorteilhaft sein mögen: immer spielt dabei die Phantasie des Beobachters eine hervorragende Rolle. Selbst das Experiment ist eigentlich nur durch die Einbildungskraft veranlaßt. Jedes Experiment ist ja eine Frage, welche an die Natur gestellt wird; jeder Fragestellung muß aber die Mutmaßung vorausgehen, daß sich die Sache so oder so verhalten dürfte, und das Experiment soll nur Aufschluß geben, welche der vorhergegangenen Mutmaßungen das Richtige getroffen hat oder welche doch die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat, der richtigen Lösung am nächsten gekommen zu sein. An dieser hohen Bedeutung, welche der Phantasie als Forschungsbehelf zukommt, wird dadurch nichts geändert, daß dieselbe in ihrem ungezügelten Fluge und ohne das Schwergewicht thatsächlicher Beobachtungen wiederholt auf bedenkliche Irrwege geführt hat und unter anderm jene wunderlichen naturphilosophischen Blasen an die Oberfläche trieb, von welchen oben einige Proben gegeben wurden. Es wird ihr Wert auch dadurch nicht herabgedrückt, daß die Ideen, zu welchen sorgfältige Beobachter und ehrliche Experimentatoren durch Verknüpfung der ermittelten Thatsachen gelangten, infolge der Erweiterung des Beobachtungsfeldes und infolge Vervollkommnung der Beobachtungsmittel wiederholt durch andre Ideen verdrängt wurden.

Es ist darum auch unbillig, auf die Ideen, welche sich unsre Vorfahren von dem Pflanzenleben machten, mit Geringschätzung zurückzublicken, und es ist niemals zu vergessen, daß die Zahl der Beobachtungen, auf welche die Forscher früherer Zeiten sich stützen, eine so viel geringere war, und daß ihre Forschungsinstrumente um so viel unvollkommener waren. Jede unsrer Theorien hat ihre Geschichte. Zuerst werden einzelne rätselhafte Thatsachen beobachtet, allmählich gesellen sich andre dazu, und man ahnt bei dem Überblicke derselben eine gewisse Übereinstimmung, sucht diese zu fassen und zu formulieren und bemüht sich mit mehr oder weniger Glück, die aufgeworfene, jetzt gleichsam in der Luft schwebende Frage zu lösen, bis der rechte Meister kommt, die beobachteten Thatsachen verknüpft, die Gesetzmäßigkeit herausliest, sie verallgemeinert und die Lösung des Rätsels verkündet. Aber die Beobachtungen vermehren sich, die Forschungsinstrumente verfeinern sich, einzelne der neu beobachteten Thatsachen wollen in den Rahmen des früher abstrahierten Gesetzes nicht passen, und man stellt sie zunächst als Ausnahmen von der Regel hin; nach und nach häufen sich aber diese Ausnahmen, das Gesetz hat seine allgemeine Gültigkeit verloren, muß eine Erweiterung erfahren oder ist ganz hinfällig geworden und muß durch ein neues ersetzt werden. So war es zu allen Zeiten, so wird es auch in der Zukunft sein, und nur die Beschränktheit kann die Ideen, welche die Gegenwart als Gesetze hinstellt, für unfehlbar und unabänderlich halten und ausgeben.

Dieser Hinweis auf die Grenzen des Naturerkennens, auf die Bedeutung der Phantasie als wichtiger Behelf in der Naturforschung und auf die Wandelbarkeit unsrer Theorien erscheint gerade hier, am Schlusse der Besprechung der verschiedenen Ziele und Probleme botanischer Forschung, am Platze, um mit demselben einerseits die überschwenglichen Hoffnungen, welche man auf die Lösung der großen an das Leben geknüpften Fragen baut, auf ein bescheideneres Maß herabzustimmen und anderseits der ungleichen Wertschätzung der Wege, welche die verschiedenen Forscher je nach ihrem innern Drange und ihrer Begabung eingeschlagen haben und noch einschlagen, entgegenzutreten. In unsrer an dem Prinzipe der Arbeitsteilung festhaltenden Zeit ist es fast zur Regel geworden, daß jeder Forscher nur auf einem einzigen sehr schmalen Pfade vorschreitet. Da aber die Einseitigkeit nur zu häufig die Selbstüberhebung im Gefolge hat, werden die Wege, welche andre gleichzeitig wandeln, nicht selten hochmütig unterschätzt, so wie anderseits in übergroßer

Zuversicht auf die Unfehlbarkeit der Forschungsresultate der Gegenwart die Arbeiten früherer Zeiten häufig zu gering geachtet werden.

Zum Aufbaue der Wissenschaft von der Pflanze und ihrem Leben ist alles wertvoll und verwertbar: unbehauene Steine und scharf ausgemeißelte Quadern, große und kleine Bruchstücke und verbindender Mörtel, auf diesem oder jenem Wege zugeführt, in alter oder in neuer Zeit gewonnen, Studien, die ein Stubengelehrter an getrockneten Pflanzen aus tropischen Gegenden in einem großstädtischen Museum ausführt, gerade so wie die Entdeckungen, welche ein Dilettant in der Flora des von ihm bewohnten abgeschiedenen Gebirgsthales macht, Beiträge, welche Fachmänner auf Versuchsfeldern in botanischen Gärten, und solche, welche Förster und Landwirte in Wald und Feld gewinnen, Offenbarungen, welche im Laboratorium einer Hochschule mit Hebeln und mit Schrauben der lebendigen Pflanze abgezwungen wurden, und Beobachtungen, welche in dem größten und am besten eingerichteten Laboratorium, in der freien Natur, angestellt wurden. „Prüfet alles und das Beste behaltet.“ Dies sei das Programm für die nachfolgenden Zeilen.

I. Das Lebendige in der Pflanze.

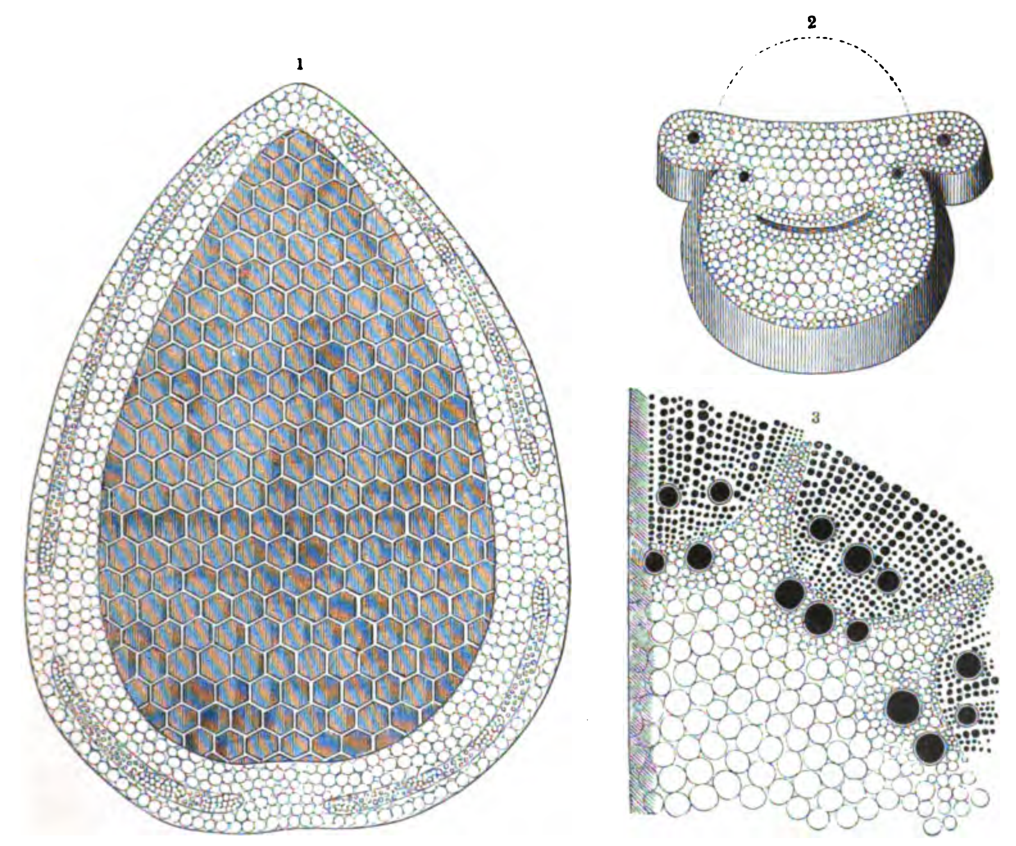
1. Die Protoplasten als Träger des Lebens.

Inhalt: Entdeckung der Zellen. — Entdeckung des Protoplasmas.

Entdeckung der Zellen.

Was ist das Leben? So oft irgend eine bedeutende naturwissenschaftliche Entdeckung gemacht worden war, glaubte man der Lösung dieser die Menschen jederzeit so lebhaft interessierenden Frage näher gekommen zu sein. Niemals aber schien die Hoffnung, das große Rätsel des Lebens ergründen zu können, eine so berechtigte wie zur Zeit der Erfindung des Mikroskopes, in jener auch sonst für die Entwickelung der Naturwissenschaften so wichtigen Periode, in welcher man die Entdeckung machte, daß mit Hilfe von Glaslinsen Gegenstände in vergrößertem Maßstabe zur Anschauung gebracht werden können. Man erwartete, durch Anwendung dieser Vergrößerungsgläser nicht nur eine Einsicht in den feinern, dem freien Auge nicht erkennbaren Bau der lebendigen Wesen, sondern auch Aufschlüsse über jene Vorgänge, welche das Leben der Pflanzen und Tiere ausmachen, zu erhalten. Die ersten Entdeckungen, welche mit Hilfe des Mikroskopes im letzten Drittel des 17. Jahrhunderts gewonnen wurden, machten auch auf die Beobachter einen überwältigenden Eindruck. Der Holländer Swammerdam war über die Wunder, die er mit seinen Glaslinsen sah, halb verrückt geworden, verbrannte schließlich seine Aufzeichnungen und meinte, es sei ein Frevel, die Dinge, welche nach der Absicht des Schöpfers dem menschlichen Auge verborgen bleiben sollten, zu entschleiern und so zu profanieren. Die Beobachtungen, welche Leeuwenhoek mit aus feinen Glasfäden an der Lampe erzeugten Vergrößerungsgläsern gewonnen hatte, hielt man geraume Zeit für Täuschungen, und erst nachdem der Engländer R. Hooke die Existenz der von Leeuwenhoek in Aufgüssen von Pfeffer gesehenen winzigen Wesen bestätigte und in einer Versammlung der königlichen Gesellschaft in London unter seinem Mikroskope zeigte, wichen die Zweifel über das Vorhandensein jener ungeahnten Geschöpfe. Es wurde damals sogar ein besonderes Protokoll aufgenommen, welches alle jene, die sich von der Richtigkeit der Beobachtung durch den Augenschein überzeugt hatten, unterfertigten, was wohl beweist, wie sehr man von der Bedeutung dieser Entdeckungen erfüllt war. Von den nahezu 400 verschiedenen Formen solcher winziger Wesen, welche in jener Zeit schon unterschieden und mit dem Namen Aufgußtierchen oder Infusorien belegt wurden, weil sie zuerst in den aus Pfefferkörnern gewonnenen Aufgüssen oder Infusionen gesehen wurden, zählt man heutzutage nur einen Teil zu den Tieren; von vielen wurde ermittelt, daß sie die Keime von Pflanzen sind, und wieder andre gehören jenem Grenzgebiete an, wo Tier- und Pflanzenwelt zusammenfließen.

Als wichtigstes Kennzeichen zur Unterscheidung von Tieren und Pflanzen galt das Vorhandensein oder Fehlen der Bewegung, und es wurden daher alle in den wässerigen Flüssigkeiten sich herumtummelnden kleinen Wesen als Tiere beschrieben und bezeichnet. An den damals von Holländern, Italienern und Engländern nahezu gleichzeitig mit dem Mikroskope untersuchten höhern Pflanzen fand man keine Bewegung, wohl aber ließen diese Untersuchungen einen ganz eigentümlichen Bau der Blätter und Stengel, des Holzes und Markes erkennen. Es machten diese Pflanzenteile unter dem Mikroskope einen ähnlichen Eindruck wie Bienenwaben, die aus zahlreichen leeren oder mit Honigsaft gefüllten Zellen



Pflanzenzellen. (Nach Grew, Anatomy of Plants.) 1. Längsschnitt durch einen jungen Aprikosensamen. — 2. Querschnitt durch den Blattstiel des wilden Scharlachkrautes. — 3. Querschnitt durch einen Kiefernzweig.

zusammengesetzt sind. Von dieser Ähnlichkeit schreibt sich auch der Name Zelle her, welcher später eine so große Rolle in der Botanik spielen sollte. In den Bildern, welche man von den unter dem Mikroskope gesehenen Pflanzenteilen anfertigte, tritt auch diese Ähnlichkeit mit Bienenzellen recht deutlich hervor, ja mitunter sogar noch etwas auffallender, als man es in Wirklichkeit sehen kann, wie das z. B. an der obenstehenden getreuen Kopie von drei Kupferstichen aus dem großen und schönen im Jahre 1672 veröffentlichten Werke von Nehemias Grew der Fall ist. Neben den an Bienenzellen erinnernden Gebilden beobachtete man auch noch Röhrchen und Fasern, fand diese in der mannigfachsten Weise verteilt und gruppiert, zu Mark und Holz, zu Strängen und Häuten verbunden und sah alle diese Dinge in den wachsenden Pflanzenteilen an Umfang zunehmen und sich vervielfältigen. In welcher Weise dieses Wachstum und diese Vermehrung stattfinde, und wo eigentlich

der Sitz des Lebens in der Pflanze sei, blieb freilich unaufgeklärt. Es war aber naheliegend, anzunehmen, daß die Wandungen dieser kleinen Zellen den lebendigen Teil, die lebendige Substanz der Pflanzen bilden, daß sie den aufgesaugten, durch die Röhrchen aufsteigenden Flüssigkeiten Stoffe entnehmen, sich so vergrößern, erweitern und verjüngen.

Daß der schleimige Inhalt, welcher die Pflanzenzellen, ähnlich wie der Honig die Bienenwaben, erfüllt, der Träger des Lebens sei, wurde damals noch nicht geahnt. Die im Beginne unsers Jahrhunderts wiederholt gemachte Beobachtung, daß aus den Zellen gewisser Algen der Inhalt als Schleimkügelchen ausgestoßen werde, sich eine Zeitlang selbständig bewege und im Wasser herumtreibe, dann aber zur Ruhe komme und zum Ausgangspunkte für eine neue Alge werde, hätte allerdings zu dieser Auffassung hinführen können; es wurden aber von der Mehrzahl der Zeitgenossen die diesbezüglichen Angaben für unglaublich gehalten, und erst als Unger neuerdings diese Erscheinung als unzweifelhafte Thatsache ermittelte, wurde derselben allmählich die entsprechende Würdigung zu teil. Im Jahre 1826 untersuchte nämlich der eben genannte Botaniker unter dem Mikroskope eine bei Ottakring nächst Wien gefundene Wasserpflanze, welche von den Systematikern als Alge bezeichnet und mit dem Namen **Vaucheria clavata** belegt worden war. Dem unbewaffneten Auge erscheint dieselbe in Gestalt von polsterförmigen Rasen, die aus dunkelgrünen, unregelmäßig verzweigten und verfilzten Fäden zusammengesetzt werden. Vergrößert stellen sich diese Fäden als lange, schlauchförmige Zellen dar, die in dem Maße, als sie oben fortwachsen und seitliche zweigartige Aussackungen treiben, an der Basis erbleichen und absterben (vgl. die beigeheftete Tafel „Schwärmsporen und Jochsporen. Formen des Blattgrüns“). Die blinden Enden dieser Schläuche sind gerundet und stumpf. Der Inhalt der Schläuche ist schleimig, an und für sich farblos, aber mit grünen Kügelchen durchsetzt, und unter dem stumpfen Ende jedes Schlauches sind diese grünen Kügelchen so gehäuft und so dicht zusammengedrängt, daß dort der ganze Inhalt dunkelgrün gefärbt erscheint.

Es kommt nun für jeden dieser Schläuche eine Zeit, in welcher sein Ende etwas kolbenförmig anschwillt. Sobald das geschehen ist, zieht sich der dunkelgrüne Inhalt von dem stumpfen Ende des glashellen, durchsichtigen Schlauches etwas zurück. Fast gleichzeitig hellt sich der vordere Teil des Inhaltes in dem Kolben auf, während weiter entfernt von dem Ende des Schlauches die Färbung des Zellinhaltes eine sehr dunkle wird (s. die beigeheftete Tafel, Fig. a). Zwölf Stunden nach Eintritt dieser Veränderung sondert sich von dem schleimigen Gesamtinhalte des Schlauches jener Teil, welcher das kolbenförmige Ende erfüllt, ganz ab (Fig. b), kurz darauf reißt die Zellhaut am Scheitel des Kolbens mit Blitzesschnelle auf, die Lappen des Risses stülpen sich nach auswärts, und der in dem Kolben enthaltene Ballen des schleimigen Zellinhaltes schiebt sich in diesen Riß vor (Fig. c). Da der Schleimballen einen größern Durchmesser besitzt als der Riß, so wird ersterer beim Vordrängen eingeschnürt, erhält eine fast biskuitförmige Gestalt, und es macht auf kurze Zeit den Eindruck, als würde der Schleimballen hier festgeklemmt bleiben. Es erfolgt nun aber eine ganz plötzliche drehende und zugleich vordrängende Bewegung in der ganzen Masse des grünen Schleimballens, und im nächsten Augenblicke hat derselbe die enge Pforte des Kolbens verlassen und schwimmt jetzt frei in dem umgebenden Wasser herum (Fig. d). Dieser ganze Vorgang des Ausschlüpfens spielt sich zwischen 8 und 9 Uhr morgens und zwar innerhalb zwei Minuten ab. Der ausgeschlüpfte Schleimballen hat die Form eines sehr regelmäßigen Ellipsoides angenommen (Fig. d), ist an dem einem Pole heller, an dem andern dunkler grün und bewegt sich immer in der Richtung des erstern, so daß man die hellere Seite des Ballens wohl auch als die vordere bezeichnen kann. Zunächst steigt der Ballen gegen das Licht zur Oberfläche des Wassers empor, senkt sich aber bald darauf wieder in die Tiefe, kehrt dann oft plötzlich auf halbem Wege um, schlägt mitunter auch

Schwärmsporen und Jochsporen. Formen des Blattgrüns.

---

a—d Entwickelung von Schwärmsporen aus den schlauchförmigen Zellen der *Vaucheria clavata.*

e—h Schwärmsporen und ruhende Zellen des „Roten Schnees" *(Sphaerella nivalis),* mit Blütenstaubzellen von Nadelhölzern gemengt.

i—k Formen des Blattgrüns in den Zellen der Desmidiaceen (i *Closterium Leibleinii;* k *Penium interruptum*).

l Jochsporenbildung und schraubenförmig gewundene Chlorophyllkörper in den Zellen der *Spirogyra arcta.*

m Sternförmige Chlorophyllkörper in den Zellen von *Zygnaema pectinatum.*

n—o *Gloeocapsa sanguinea.*

p Vorkeim des Leuchtmooses *(Schistostega osmundacea).*

q Querschnitt durch ein Laubblatt des Pfefferkrautes.

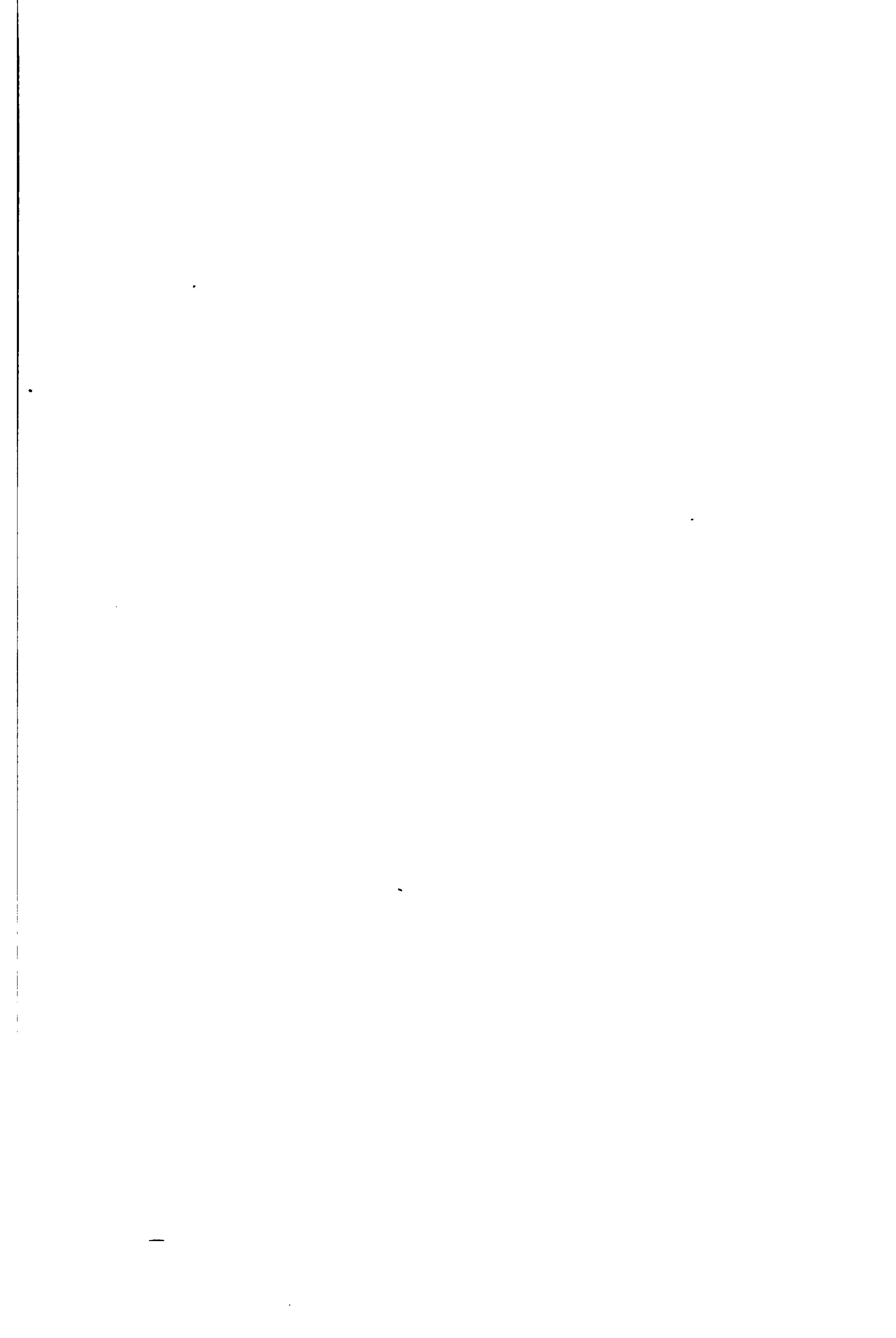
r Querschnitt durch ein Passiflorenblatt.

s Verbindung der Milchröhren mit den Palissadenzellen im Blatte einer Wolfsmilch *(Euphorbia Myrsinites).*

Alle Figuren stark vergrößert.



SCHWÄRMSPOREN UND JOCHSPOREN. FORMEN DES BLATTGRÜNS.



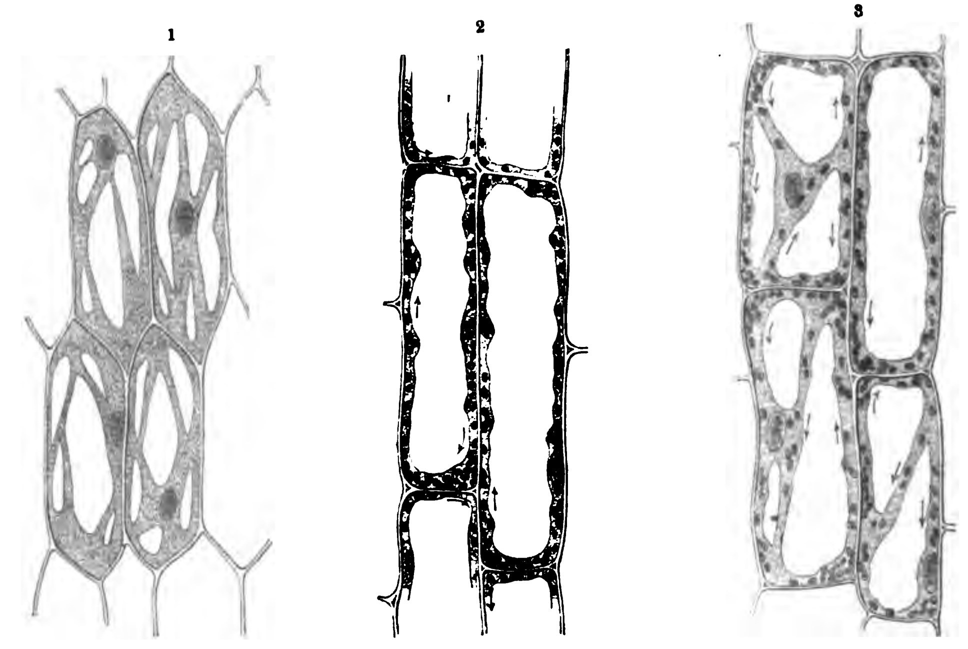
eine wagerechte Richtung ein, vermeidet aber bei allen diesen Bewegungen das Anstoßen an die seinen Weg etwa kreuzenden festen Gegenstände und weicht auch schwimmenden Körpern, die sich mit und neben ihm im gleichen Wasser herumtreiben, sorgfältig aus. Die Bewegung wird vermittelt durch kurze, wimperartige Fortsätze, welche ringsum von der hautartigen Oberfläche der Schleimmasse ausgehen und die in lebhafter schwingender Bewegung sind. Mit Hilfe dieser Wimpern, welche durch ihre Schwingungen kleine Wirbel im Wasser hervorbringen, wird der ganze grüne Schleimballen ziemlich rasch nach einer Richtung hin vorwärts bewegt. Bei diesem Vorwärtsschieben dreht sich aber zugleich der ganze ellipsoidische Schleimballen um seine Längsachse, und es ist daher die Linie, welcher er folgt, unverkennbar eine Schraubenlinie. Merkwürdig ist dabei, daß diese Drehung immer von Osten nach Westen, also in einer Richtung erfolgt, welche der Drehung unsers Erdkörpers entgegengesetzt ist. Die Schnelligkeit des Schwimmens ist zu allen Zeiten nahezu die gleiche. In einer Minute wird eine Wasserschicht von nicht ganz 2 cm (1,76 cm) durchschwommen. Mitunter gönnt sich das schwimmende Ellipsoid allerdings eine kurze Ruhe; sofort aber beginnt wieder das Auf- und Absteigen, Umkehren und Hin- und Herschwanken. Zwei Stunden nach dem Ausschlüpfen werden die Bewegungen auffallend matter, die Ruhepausen, in welchen zwar noch eine Drehung, aber kein Vorwärtsbewegen des Körpers mehr stattfindet, werden immer länger und häufiger.

Endlich gelangt der Schwimmer zur dauernden Ruhe. Er landet an irgend einer Stelle, am liebsten an der Schattenseite irgend eines im Wasser flottierenden oder auch feststehenden Körpers, seine Achsendrehung hat aufgehört, die Wimperfortsätze haben ihre Schwingungen eingestellt und ziehen sich wieder in die Masse des Körpers zurück, der ellipsoidische, an dem vordern Pole hellere Körper des Schwimmers wird zu einer einfarbig dunkelgrünen Kugel. Solange der Schleimballen sich in Bewegung befindet, fehlt ihm eine besondere Hülle. Die äußerste Schicht der schleimigen Masse desselben ist allerdings dichter als die innere, aber eine scharfe Grenze ist nicht festzustellen, und man kann wohl nicht von einer besondern einhüllenden Haut sprechen. Sobald aber der schwimmende Schleimballen gestrandet ist, seine Bewegungen beendet und die Kugelgestalt angenommen hat, wird von ihm an der Peripherie eine Substanz ausgeschieden, die sich schon im Augenblicke der Ausscheidung zu einer festen, farblosen, durchsichtigen Haut gestaltet. Schon 26 Stunden später stülpen sich aus dieser den schleimigen Körper dicht umschließenden Haut in der Richtung gegen die Stelle, wo der Schwimmer gelandet war, sehr kurze, verzweigte Schläuche aus, welche zu Haftorganen werden (Fig. a), und in entgegengesetzter Richtung streckt sich die kugelige Zelle zu einem langen Schlauche, welcher sich in Äste teilt und im Wasser flottiert. Nach 14 Tagen schwellen die Enden dieses Schlauches sowie seine Äste wieder kolbenförmig an, von dem schleimigen Inhalte desselben trennt sich wieder ein Teil ab, der als Schwimmer entlassen wird, und von neuem beginnt das Spiel, welches soeben geschildert wurde.

Entdeckung des Protoplasmas.

Hand in Hand mit dieser an Vaucheria gemachten Entdeckung, daß es Pflanzen gibt, die im Laufe ihrer Entwickelung eine Stufe erreichen, in welcher sie als winziges Schleimkügelchen mit wimperigen Fortsätzen im Wasser herumrudern, und die ganz den Eindruck von Infusorien machen, ging auch die Beobachtung, daß bei allen Pflanzen ein Teil des schleimigen Zellinhaltes der Innenwand der Zellenkammern wie eine Tapete anliegt, so daß man in einem bestimmten Stadium der Ausbildung die Wand der Zelle aus zwei dicht aufeinander liegenden Schichten zusammengesetzt findet, einer äußern festen und einer

innern weichen Schicht, welch letztere mit dem Namen **Primordialschlauch** belegt wurde. Im weitern Verfolge der Untersuchungen stellte sich heraus, daß dieser Primordialschlauch einem Wesen von gallertähnlicher, schleimiger Konsistenz angehört, welches in der Zellkammer wie die Muschel oder Schnecke in ihrem Gehäuse wohnt, anfänglich ungegliedert ist und als eine dem Anscheine nach gleichartige Masse die ganze Kammer ausfüllt, später aber sich in mehrere deutlich erkennbare Teile, namentlich in den erwähnten tapetenartigen Beleg an der Innenseite der Zellhaut und in Falten, Stränge, Fäden und Bänder, sondert, welche sich durch den Innenraum ziehen (s. untenstehende Abbildung). Die Substanz des Inwohners der Zellkammer bezeichnete Mohl, der Entdecker dieser Verhältnisse, mit dem Namen **Protoplasma**. Der Primordialschlauch aber ist jener Teil des Protoplasmas, welcher der



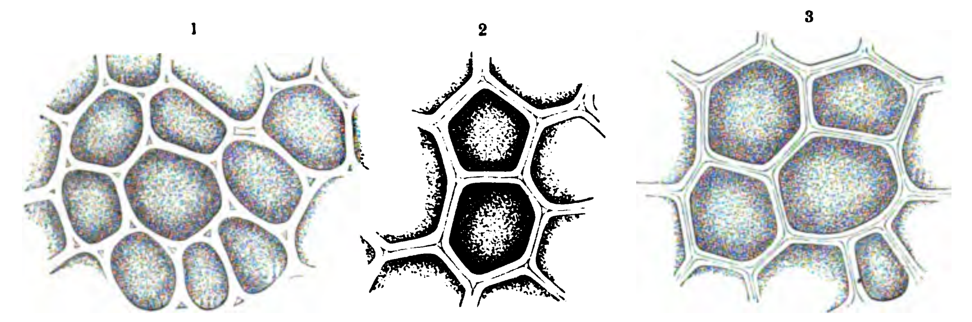
In Zellkammern eingeschlossenes Protoplasma. 1. Protoplasma in den Zellen der Sommerzwiebel. — 2. Strömendes Protoplasma in den Zellen von Vallisneria. — 3. Strömendes Protoplasma in den Zellen von Elodea.

Innenwand der Zellkammer anliegt und darum auch **Wandprotoplasma** genannt wurde, während man die Falten, Stränge und Bänder, welche sich quer durch die Kammer von der einen Seite des Wandprotoplasmas zur andern hinüberziehen, mit dem Namen **Bandprotoplasma** belegt hat. Das Protoplasma kann unter Umständen auch ohne besondern Schutz einige Zeit bestehen, in der Regel aber scheidet es alsbald eine ringsum geschlossene, feste Hülle aus und baut sich so gewissermaßen selbst eine kleine Kammer, die es bewohnt. Man kann daher nacktes Protoplasma und solches, das in einer selbstgeschaffenen Zellkammer haust, unterscheiden und ersteres etwa mit einer Nacktschnecke, letzteres dagegen mit einer Schnecke vergleichen, welche sich selbst das Haus erzeugt, in welchem sie webt und lebt. Noch besser kann man die feste und derbe Zellhaut, mit der sich das Protoplasma umhüllt, mit einem schützenden Kleide, mit einer Gewandung vergleichen, die dem Leibe angepaßt ist, und mit Rücksicht auf diesen Vergleich ist dann das Protoplasma als **Zellenleib**, die ausgesonderte feste Hülle desselben aber als **Zellhaut** zu bezeichnen. Nicht diese Zellhaut, nicht dieser Teil, welchen man zuerst unter den vergrößernden Linsen unterschied und seiner Form wegen als Zelle bezeichnete, ist demnach das Schaffende und Bildende,

das sich Ernährende und Vermehrende, sondern der Zellenleib ist es, jenes schleimige, farblose Protoplasma, welches im Innern der selbstgeschaffenen Zellhautumhüllung thätig ist und das daher auch als der lebendige Teil, als der Träger des Lebens aufgefaßt werden muß.

Der Name Zelle hatte sich in der Wissenschaft so eingebürgert, daß man selbst das aus der Zellkammer ausgeschlüpfte Protoplasma als Zelle bezeichnete und dafür den nichts weniger als glücklich gewählten Namen nackte Zelle in Anwendung brachte. In neuerer Zeit hat man so manche dieser ältern unpassend gewordenen Bezeichnungen fallen gelassen und nennt nun jene aus Protoplasma bestehenden lebenden Einzelwesen, welche die selbstgeschaffenen Kämmerchen als Einsiedler oder nebeneinander in geselligem Verbande in mehr oder weniger umfangreichen Gebäuden bewohnen, unter Umständen auch ihre Behausungen verlassen, ihr Kleid ablegen und nackt herumschwimmen können, Protoplasten.

Nur wenn die Protoplasten kolonienweise in unzähligen kleinen Kammern dicht gedrängt beisammenwohnen, wenn diese Kammern von ebenen Wänden begrenzt und nach



Zellkammern. In den Scheidewänden der Kammern in Fig. 1 und 2 Intercellulargänge, in Fig. 3 Intercellularsubstanz.

allen Richtungen hin ziemlich gleichförmig ausgebildet sind, macht der betreffende Pflanzenteil unter dem Mikroskope den Eindruck einer Bienenwabe und jede Kammer den Eindruck einer Zelle. Aber auch in solchen Fällen äußerer Ähnlichkeit besteht doch ein sehr wesentlicher Unterschied darin, daß in einer Bienenwabe jede der Wände, durch welche die einzelnen Wachszellen gesondert sind, den benachbarten Räumen gemeinschaftlich angehört, daß demnach die Wachszellen Höhlungen in einer einheitlichen Grundmasse darstellen, während in den zelligen Pflanzenteilen jede Zelle ihre besondere selbständige Wand besitzt, so daß hier jede zwischen benachbarte Zellkammern eingeschaltete Scheidewand eigentlich aus zwei Schichten besteht (s. obenstehende Abbildung). Diese zwei Schichten sind an dünnen Zellhäuten, die eben erst von Protoplasten ausgeschieden wurden, noch gar nicht oder doch nur teilweise zu erkennen, später lassen sie sich aber immer deutlich unterscheiden (Fig. 2). Häufig heben sich diese Schichten an einzelnen beschränkten Stellen voneinander ab, und es entstehen durch diese Trennung Gänge zwischen den Zellkammern (Fig. 1), welche man mit dem Namen Intercellulargänge bezeichnet hat. Manchmal sieht man die Zellen auch ihrer ganzen Ausdehnung nach durch eine Kittmasse wie zusammengeleimt und nennt dann diese zwischen die beiden Schichten eingelagerte Substanz Intercellularsubstanz (Fig. 3).

Auf mechanischem oder chemischem Wege kann man die aneinander grenzenden Zellen gewöhnlich leicht sondern, wobei die Intercellularsubstanz, wenn eine solche vorhanden ist, aufgelöst wird, überhaupt die beiden Schichten der Zellenscheidewände auseinander gehen und dann jede der gesonderten Zellen eine ringsum abgeschlossene Wandung zeigt. Häufig sind die einzelnen Zellkammern in die Länge gestreckt, schlauchförmig oder röhrenförmig, oder es wird auch die Wand solcher Kammern sehr dick und zwar auf Kosten

des Innenraumes, so daß dieser schließlich kaum mehr zu erkennen ist. Derartige Zellen machen den Eindruck von Fasern und Fäden; Gruppen derselben erscheinen als Bündel und Stränge, haben nicht einmal eine entfernte Ähnlichkeit mit den Zellen einer Bienenwabe, und auf solche Gebilde will dann auch der Ausdruck zellig nicht mehr passen.

Auch der Ausdruck Zellgewebe ist ganz dazu angethan, eine falsche Vorstellung von der Gruppierung und Verbindung der einzelnen Zellkammern zu veranlassen. Unter einem Gewebe denkt man sich doch eine Verbindung fadenförmiger Elemente, derart, daß ein Teil der Fäden nach einer Richtung hin parallel verläuft, und daß dieser Teil der Fäden durch andre ähnliche quer durchschossen, gekreuzt und verschlungen wird. Bei einem Gewebe, z. B. einem Stücke Seidenzeug oder einem Spinnengewebe, werden die Fäden demnach durch Verschlingung zusammengehalten. Das ist aber bei jenen Zellverbindungen, welche man Zellgewebe genannt hat, durchaus nicht der Fall. Selbst dann, wenn die Teile eines sogenannten Zellgewebes eine schlauchförmige, fadenförmige oder faserige Gestalt besitzen, liegen sie neben- und übereinander, sind wie durch eine Kittmasse miteinander verbunden, niemals aber gekreuzt, umschlungen und verknüpft, wie die Fäden eines Gewebes.

Man hat die Zellen auch mit Bausteinen verglichen, aber auch dieser Vergleich ist nicht zutreffend. Wenn sich ein würfelförmiger Kristall aus einer Kochsalzlösung ausbildet, so kann dieser Vorgang allenfalls, mit der Zusammenschichtung, mit dem Auf- und Anlagern von Bausteinen verglichen werden; ein Pflanzenblatt entwickelt sich aber nicht dadurch, daß sich auf eine schon vorhandene Schicht eine weitere Schicht von Zellen von außen her zugesellt und anlagert; die Entwickelung neuer Zellen erfolgt hier im Innern der schon vorhandenen, sie erfolgt durch die Thätigkeit der in den Zellkammern eingeschlossenen Protoplasten, und diese liefern daher nicht nur das Baumaterial, sondern sind zugleich auch die thätigen Werkleute. Gerade darin erfassen wir ja den einzigen Unterschied zwischen organischen und unorganischen Bildungen, und aus diesem Grunde ist auch der erwähnte Vergleich unzulässig und zu vermeiden.

Am anschaulichsten vermag man sich noch die Zellen und Zellverbindungen vorzustellen, wenn man sie mit den Behausungen lebender Wesen in Parallele stellt, wie das in den vorhergehenden Zeilen auch schon wiederholt geschehen ist. Die lebendigen Protoplasten wohnen entweder als Einsiedler in isolierten Zellkammern, oder aber sie leben im geselligen Vereine, und die Zellkammern, in deren jeder je ein solches lebendiges Wesen haust, sind in großer Zahl dicht zusammengedrängt und miteinander in festem Verbande. Im letztern Falle findet innerhalb eines jeden Pflanzenstockes gewöhnlich eine Teilung der Arbeit statt, so daß, ähnlich wie in jedem andern Gemeinwesen, ein Teil der Protoplasten diese, der andre jene Funktion übernimmt. Auch werden die ältern Zellkammern in solchen Pflanzenstöcken von den lebendigen Protoplasten gewöhnlich verlassen und dienen dann häufig nur als unbewohnter Unterbau der ganzen weitläufigen Behausung, welcher mit Luft- und Wasserleitungen durchzogen ist; die Protoplasten aber haben für sich und ihre Nachkommenschaft neue Stockwerke über der alten verlassenen Grundfeste aufgebaut und vollziehen jetzt in den kleinen Kammern dieser obern Stockwerke ihre unermüdliche Arbeit. Diese Arbeit der lebenden Protoplasten besteht in der Aufnahme von Nahrung, Vergrößerung des Körpers, Ausbildung einer Nachkommenschaft, Aufsuchen jener Plätze, welche für eine etwaige Übersiedelung sowie für die Ansiedelung der Nachkommenschaft die günstigsten Bedingungen darbieten, und Sicherung des Gebietes, in welchem alle diese Arbeiten vor sich gehen sollen, gegen nachteilige äußere Einflüsse. Es erfolgen diese Arbeiten immer sorgfältig geregelt nach Zeit und Ort. Manche sind in ihrem Verlaufe nur schwierig zu beobachten, und man erkennt sie erst an dem fertigen Produkte, andre sind von sehr auffallenden Erscheinungen begleitet und in ihrer Aufeinanderfolge leicht zu übersehen.

2. Bewegungen der Protoplasten.

Inhalt: Schwimmende und kriechende Protoplasten. — Bewegungen des Protoplasmas in den Zellkammern. — Bewegungen der Volvocineen, Diatomaceen, Oscillarieen und Bakterien.

———

Schwimmende und kriechende Protoplasten.

Eine der auffallendsten Erscheinungen, welche bei den Arbeitsleistungen der lebenden Protoplasten beobachtet wird, ist jedenfalls die zeitweilige Ortsveränderung, welche der ganze Protoplast, sowie die Verschiebung und Umlagerung, welche die einzelnen Teilchen des Protoplasten erfahren. Am freiesten bewegen sich begreiflicherweise jene Protoplasten, welche nicht in Zellkammern eingeschlossen sind, sondern ihre Wohnung verlassen haben und sich in Flüssigkeiten herumtummeln. Ihre Zahl sowie die Mannigfaltigkeit ihrer Gestalt ist überaus groß. Mehrere Tausend Arten von Sporenpflanzen entwickeln nämlich bei Gelegenheit ihrer Verjüngung und Vermehrung, möge diese nun auf geschlechtlichem oder ungeschlechtlichem Wege erfolgen, solche nackte Protoplasten, und schon das Ausschlüpfen derselben aus der Zellhauthülle findet in unzähligen Variationen statt, wenn auch dieser Vorgang im großen und ganzen in ähnlicher Weise sich abspielt, wie er im vorhergehenden bei Vaucheria clavata geschildert wurde. Bald entgleitet nur ein einziger, verhältnismäßig großer Protoplast der geöffneten Zellkammer, bald wieder gliedert sich der Zellenleib, bevor die Kammer sich öffnet, in mehrere, oft in sehr viele Teile, und es drängt sich dann ein ganzer Schwarm kleiner Protoplasten hervor.

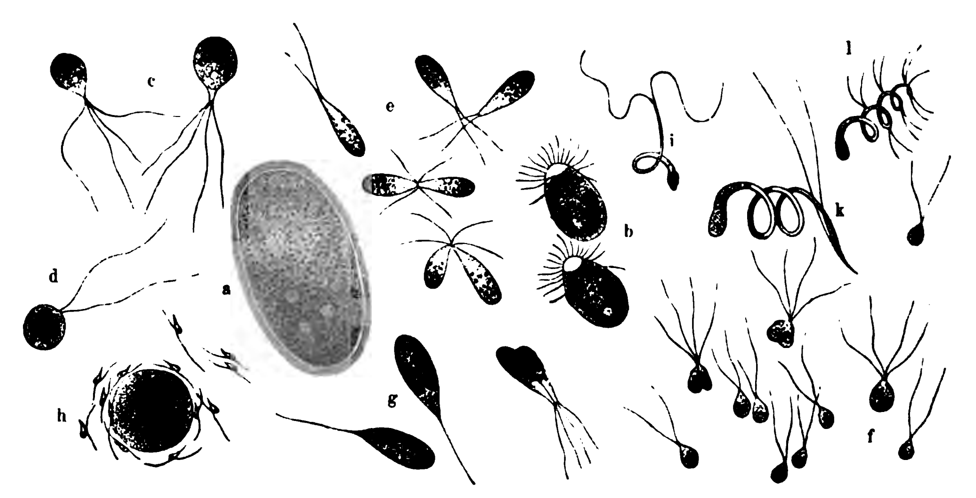
Der Form nach sind diese ausschwärmenden Protoplasten sehr abweichend. Am häufigsten nähert sich ihr Umriß dem eines Ellipsoides oder eines Vogeleies, auch birnförmige, kreiselförmige und spindelförmige Gestalten kommen vor; häufig ist der Körper der Protoplasten auch schraubig gedreht oder korkzieherartig gewunden und dabei an dem einen Ende spatelförmig verbreitert oder keulenförmig verdickt. Von der Oberfläche dieser Körper strecken sich gewöhnlich fadenförmige Fortsätze vor, die bei jeder Art eine ganz besondere Anordnung zeigen und auch in ihrer Zahl und ihrem Ausmaße genau bestimmt sind. In dem einen Falle ist die ganze Oberfläche dicht mit solchen kurzen Wimperfäden besetzt wie bei Vaucheria (s. Abbildung, S. 28, Fig. a), in einem andern Falle bilden diese Fäden einen Kranz dicht hinter dem kegelförmigen oder schnabelförmigen Ende des birnförmigen Protoplasten, wie bei Oedogonium (Fig. b), oder aber es gehen von irgend einer Stelle, am häufigsten von dem verschmälerten Ende, zwei oder vier lange, unendlich dünne Fäden wie die Fühlhörner eines Schmetterlinges aus (Fig. c, d). Manche Formen sind an ihrem einen Ende mit einer einzigen langen Geißel versehen (Fig. g), und wieder andre sind an dem schraubig gedrehten Teile mit nach allen Seiten abstehenden Wimpern besetzt, so daß sie ein struppiges, borstiges Ansehen erhalten (Fig. l).

Mit Hilfe dieser Wimperfäden, welche in eine schwingende und zugleich kreisende Bewegung versetzt werden, schwimmen die Protoplasten im Wasser herum. Für viele derselben ist übrigens Schwimmen nicht der zutreffende Ausdruck, namentlich dann nicht, wenn man an das Schwimmen der Fische durch Vermittelung der Flossen denkt. Thatsächlich ist mit der Fortbewegung nach einer bestimmten Richtung eine fortwährende Drehung des Protoplasten um seine längere Achse verbunden, und man hat daher diese Bewegung mit dem Fortrollen einer Kugel verglichen, obschon auch dieser Vergleich nicht ganz genau ist, da ja bei den schwärmenden Protoplasten die Fortbewegung in der Richtung jener Achse erfolgt, um welche sich der ganze Körper dreht. Am besten würde noch die in Frage stehende

Bewegung mit dem Einbohren eines Körpers in einen andern Körper verglichen werden können, und das Richtigste ist, sich vorzustellen, daß sich die weichen Protoplasten in das noch weichere Wasser bohren und sich daselbst bohrend fortbewegen.

Unter dem Mikroskope erscheint nicht nur der sich bewegende Körper, sondern auch der Weg, den er zurücklegt, vergrößert, und wenn man z. B. einen sich fortbohrenden Protoplasten bei dreihundertmaliger Vergrößerung betrachtet, so erscheint seine Bewegung dreihundertmal rascher, als sie wirklich ist. In der That ist die Bewegung dieser Protoplasten eine ziemlich langsame. Die früher geschilderten Schwärmer von Vaucheria, welche in einer Minute einen Weg von 17 mm zurücklegen, gehören jedenfalls zu den schnellsten. Die meisten kommen in einer Minute um nicht mehr als 5 mm, ja viele nur um 1 mm vorwärts.

Wie schon bei der Schilderung der Vaucheria (s. S. 27) erwähnt wurde, dauert die Fortbewegung der bewimperten Protoplasten nur verhältnismäßig kurze Zeit. Sie macht ganz



Schwimmendes Protoplasma. a Vaucheria — b Oedogonium — c Draparnaldia — d Coleochaete — e und g Botrydium — h Fucus — i Funaria - k Sphagnum — l Adianthum. Vgl. Text, S. 27–29.

den Eindruck einer zielbewußten Reise, eines Aufsuchens günstiger Plätze zur Ansiedelung und weitern Entwickelung oder aber eines Haschens andrer Protoplasten, welche sich in derselben Flüssigkeit herumtreiben. Die grünen Protoplasten suchen zunächst immer das Licht auf und sonnen sich an der Oberfläche des Wassers, dann aber rudern sie nach einiger Zeit wieder in die dunklere Tiefe hinab. Manche derselben, zumal die größern, vermeiden es hierbei, aufeinander zu treffen, und weichen sich sorgfältig aus. Sind ihrer viele auf engem Raume zusammengedrängt, und stoßen zwei derselben gegeneinander, berühren sich allenfalls mit den Wimpern, so hört für einen Augenblick ihre Bewegung auf, aber schon nach einigen Sekunden rücken sie wieder auseinander und entfernen sich in umgekehrten Richtungen.

Im Gegensatze zu diesen ungeselligen Protoplasten haben andre die Tendenz, sich aufzusuchen und zu vereinigen, und es wirkt gleiches oder ähnliches Protoplasma bei vielen sichtlich anziehend und bestimmend auf die einzuhaltende Richtung. Es macht einen geradezu verblüffenden Eindruck, wenn man sieht, wie z. B. die kleinen, birnförmigen, im Wasser herumwirbelnden Protoplasten von Draparnaldia, Ulothrix, Botrydium und zahlreichen andern gegeneinander steuern, mit den bewimperten, spitzen Enden zusammenstoßen, umkippen und sich seitlich aneinander legen (Fig. e) oder aber zu zwei und drei eine gleiche Richtung einhalten, sich haschen, mit dem vordern Teile ihrer Leiber sich seitlich berühren, einige

Minuten gepaart herumschwimmen und dann schließlich zu einem einzigen ovalen oder kugeligen Protoplasten verschmelzen (Fig. f). Auch die kleinen, spindelförmigen Protoplasten, welche sich mit Wimpern, die von der Seite ihres Körpers ausgehen, bewegen (Fig. h), sowie die gedrehten Formen (Fig. i, k, l) streben danach, sich mit einem andern Protoplasten zu verbinden. Immer bewegen sich diese zu größern, ruhenden Protoplasmakörpern hin, schmiegen sich an diese dicht an und verschmelzen mit ihnen schließlich zu einer Masse (Fig. h).

Im Innern des durch schwingende Wimpern in drehend-fortschreitende Bewegung versetzten Protoplasmaleibes ist in der Regel eine auffallende Veränderung nicht wahrzunehmen, und es scheinen die in dem Rumpfe des Protoplasten eingeschalteten Körnchen und Chlorophyllballen während der Wasserfahrt nahezu unverrückt an gleicher Stelle zu verharren und auch ihre Gestalt nicht zu verändern. Nur in der Umgebung jener kleinen Aussackungen in der Substanz des Protoplasmas, welche man Vakuolen nennt, wurden in mehreren Fällen Veränderungen beobachtet, die darauf hinweisen, daß während der Fortbewegung der ganzen



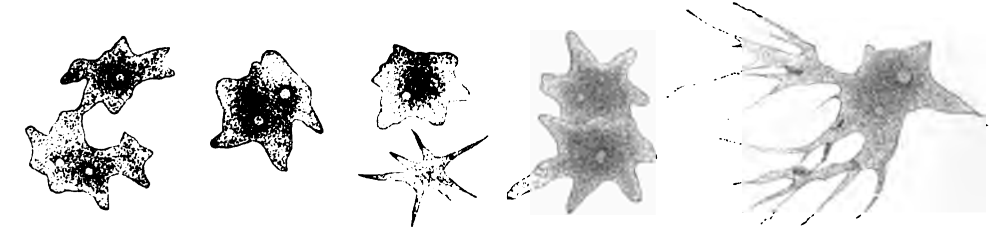
Pulsierende Vakuolen im Protoplasma der großen Schwärmsporen von Ulothrix.

scheinbar erstarrten Masse sich doch auch kleine Verschiebungen im Innern vollziehen können, etwa so wie ja auch in unserm eignen Körper, wenn wir gehend eine Strecke Weges zurücklegen, das Herz dabei nicht stillsteht, sondern fort und fort pulsiert und das Blut zirkulieren macht. Man hat auch die an den Vakuolen beobachteten Veränderungen geradezu als ein Pulsieren bezeichnet, da sie sich rhythmisch vollziehen und als abwechselnde Erweiterungen und Verengerungen des Hohlraumes darstellen.

In den schwärmenden Protoplasten von Ulothrix (s. obenstehende Abbildung) findet man nahe dem mit vier Wimpern besetzten kegelförmigen Ende des Rumpfes eine Vakuole, welche sich innerhalb 12—15 Sekunden zusammenzieht und dann in den darauf folgenden 12—15 Sekunden wieder erweitert; in den Schwärmern von Chlamydomonas sowie in jenen von Draparnaldia bemerkt man nebeneinander zwei solcher Vakuolen, die in ihren rhythmischen Pulsationen abwechseln, so daß sich immer während des Verengerns der einen die andre erweitert. Die Kontraktion erfolgt oft bis zum völligen Verschwinden der Höhlung und muß, ebenso wie die Erweiterung, auf einer Verschiebung desjenigen Protoplasmateiles beruhen, welcher die Vakuole selbst unmittelbar umgrenzt. Eine solche Bewegung in der Substanz des Protoplasmas, wenn sie auch nur an einem kleinen Teile des ganzen Körpers sichtbar wird, kann aber doch kaum ohne Rückwirkung auf die andern entfernter liegenden Teile gedacht werden, und es ist daher vorauszusetzen, daß das Innere der durch schwingende Wimpern in drehend-fortschreitende Bewegung versetzten Protoplasten nicht in jener absoluten Ruhe verharrt, wie es bei flüchtiger Betrachtung den Anschein hat.

Alle mit Hilfe von Wimpern sich fortbewegenden Protoplasten bedürfen, sobald sie am Ziele ihrer Reise angelangt sind, ihrer wirbelnden Bewegungsorgane nicht weiter. Die Wimpern, ob zahlreich oder vereinzelt, ob kurz oder lang, werden zunächst starr und sind dann auf einmal nicht mehr zu unterscheiden. Entweder werden sie eingezogen, oder sie zerfließen in der umgebenden Flüssigkeit. Mögen sich nun die zur Ruhe gekommenen Schwärmer irgendwo geeignete Stellen zur weitern Entwickelung ausgewählt haben, wie das bei Vaucheria der Fall ist, oder mögen dieselben mit ihresgleichen zu einer Masse sich vereinigt haben, immer nimmt der am Ziele angelangte und zur Ruhe gekommene Protoplast die Kugelgestalt an und hat dann nichts Eiligeres zu thun, als sich eine Gewandung zu verschaffen, sich mit einer Zellhaut zu umgeben und so die weiche, schleimige Masse seines Leibes nach außen durch eine feste Umhüllung zu schützen.

Wesentlich anders als die eben geschilderte ist die Bewegung jener Protoplasten, welche nicht mit kreisend-schwingenden Wimperfäden versehen sind, sondern die nach dieser oder jener Richtung hin massivere Teile ihres Leibes vorstrecken, gleichzeitig andre Teile desselben zurückziehen und dadurch den Umriß ihres gallertigen Körpers fort und fort ver-



Kriechendes Protoplasma.

ändern. In dem einen Augenblicke erscheinen sie unregelmäßig eckig, kurz danach sternförmig, dann wieder in die Länge gezogen, spindelförmig, allmählich wieder rundlich (s. obenstehende Abbildung). Die vorgestreckten Teile sind bald zart und laufen in einen Faden aus, bald sind sie verhältnismäßig dick und haben im Vergleiche zur Hauptmasse des Leibes fast das Ansehen von Armen und Füßen. Die Bewegung ist hier nicht eine bohrende, sondern eine kriechende. Indem sich einer der fußartigen Fortsätze oder ein paar derselben nach einer bestimmten Richtung stark vorstrecken, andre gegenüberliegende dagegen zurückziehen, gleitet der ganze Protoplast über die Unterlage dahin wie eine Nacktschnecke, welcher Vergleich um so treffender ist, als der sich vorwärts schiebende Protoplast an der Stelle, welche er verlassen hat, eine schleimige Spur zurückläßt und sein Weg wie der Pfad einer Schnecke durch einen schleimigen Streifen bezeichnet wird. Wenn zwei oder mehrere dieser kriechenden Protoplasten zusammentreffen, so verschmelzen sie miteinander, fließen zusammen, wie etwa zwei auf dem Wasser schwimmende Öltropfen zu einem Öltropfen sich verbinden, ohne daß man die Grenzen der verbundenen Körper weiterhin noch zu erkennen vermöchte. Auf diese Weise können durch Zusammenkriechen und Verschmelzen zahlreicher kleiner Protoplasten schleimige Klumpen aus Protoplasma entstehen, welche die Größe einer Hand oder Faust erreichen. Und, was sehr merkwürdig ist, diese schleimigen Massen können selbst wieder ihre Gestalt verändern, Lappen und Stränge wie Arme und Füße ausstrecken und herumkriechen wie die einzelnen Protoplasten, aus deren Vereinigung sie entstanden sind.

Bald bewegen sich diese kriechenden Schleimmassen in der Richtung des einfallenden Lichtes, bald wieder weichen sie dem Lichte aus und verbergen sich in dunkeln Räumen, ziehen und spinnen sich durch die Zwischenräume aufgehäufter Rindenstücke oder durch die Hohlräume morscher Baumstrünke, kriechen an Pflanzenstengeln empor oder schleichen als

zerflossene Fladen über die schwarze Erde dahin. Sie lösen sich dann nicht selten in Bänder, Schnüre und Fäden auf, welche feste Körper umwallen, sich teilen und wieder vereinigen und vielmaschige Netze oder auch dem Kuckucksspeichel ähnliche schaumige Massen bilden. Die von den Schleimsträngen des Netzes umsponnenen fremden Körper können, wenn sie einen geringen Umfang haben, von dem vorwärts kriechenden Protoplasma mitgeschleppt und, wenn sie Nährstoffe enthalten, auch ausgesaugt und aufgezehrt werden. Diese kriechenden Gebilde sind zum größten Teile farblos, einige aber auch lebhaft gefärbt, zumal der bekannteste aller Schleimpilze, die sogenannte Lohblüte, welcher gelb, und die auf alten Nadelholzstrünken vorkommende Wolfsmilch, Lycogala Epidendron, welche schön zinnoberrot erscheint.

Bewegungen des Protoplasmas in den Zellkammern.

Ist der Protoplast nicht nackt, sondern mit einer irgendwo fixierten Zellhaut bekleidet, so sind seine Bewegungen räumlich beschränkt und können sich nur in dem von der Zellhaut umschlossenen Raume, d. h. innerhalb der Zellkammer, abspielen. Solange die Gliederung des Zellenleibes in einzelne unterscheidbare Teile noch nicht stattgefunden hat, dürfte in dem bekleideten Protoplasten eine lebhaftere Bewegung überhaupt nicht stattfinden, obschon auch nicht anzunehmen ist, daß derselbe, ausgenommen vielleicht die Periode der Sommerdürre und Winterkälte und die Zeit der Samenruhe, in vollkommener Ruhe verharrt. Es gilt das zunächst von den jugendlichen Zellen. Hier bildet der Protoplast einen soliden Körper, dessen dichte Masse die Zellkammer vollständig ausfüllt. Die junge Zelle wächst aber rasch heran, die Zellkammer wird ausgeweitet, und der bisher ganz und gar von dem Protoplasten erfüllte Innenraum hat sich um das Doppelte, Dreifache vergrößert. Der Protoplast aber hält in betreff der Zunahme seiner Körpermasse mit der Vergrößerung seiner Wohnstätte nicht gleichen Schritt; wohl bleibt er der Innenwand der sich weitenden Zellkammer als Wandprotoplasma dicht angeschmiegt, aber der mittlere Teil seines Körpers hat sich gelockert, es bilden sich dort Hohlräume, die schon erwähnten Vakuolen, in denen sich wässerige Flüssigkeit, der sogenannte Zellsaft, ansammelt. Die Protoplasmateile, welche zwischen diesen Vakuolen liegen, werden allmählich zu dünnen Scheidewänden derselben, und schließlich zerschleißen auch diese Scheidewände in Bänder, Stränge und Fäden, welche von dem Wandprotoplasma der einen Seite zu jenem der andern Seite quer durch die Zellkammer gespannt und an den Kreuzungspunkten stellenweise netzartig verbunden sind, und die wir bereits als „Strangprotoplasma" kennen gelernt haben.

Indem sich aber das Protoplasma im Innern der auswachsenden Zellen in der geschilderten Weise lockert und gliedert, wird es auch beweglich, gerät bei dem Eintritte bestimmter Temperaturen in Fluß, und man erhält nun ein ganz ähnliches Bild wie beim Zerfließen einer durch Erhitzung zum Schmelzen gebrachten Wachsmasse. In größern Zellen mit dünner und sehr durchsichtiger Zellhaut kann man diese Bewegungen wie durch eine Glaswand sehr schön und deutlich unter dem Mikroskope beobachten, zumal dann, wenn die an und für sich farblose, durchscheinende und gallertige, in ihren Konturen nicht immer scharf erkennbare Substanz des Protoplasmas von winzigen dunklern Körnchen, den sogenannten Mikrosomen, durchsetzt ist. Diese Körnchen werden nämlich ganz ähnlich wie Schlammpartikelchen, die das Wasser trüben, mit der Strömung fortgeführt und fortgetrieben, und ihre Bewegung zeigt auch die Bewegung des Protoplasmas an, in dem sie eingebettet sind. Man sieht da die Körnchen in unregelmäßigen Ketten, Reihen und Schwärmen in den Strängen des Wandprotoplasmas kreuz und quer durch den Zellraum gleiten und ist wohl zu dem Schlusse

berechtigt, daß sich diese Bewegung in der Substanz des Stranges selbst vollzieht. Die Bewegung ist übrigens nicht etwa nur auf vereinzelte Stränge beschränkt; in allen Strängen und Bändern rührt und bewegt sich's, hierhin, dorthin laufen die Körnchenzüge, bald sich vereinigend, bald wieder sich trennend, oft in geringer Entfernung entgegengesetzte Richtungen einschlagend, mitunter sogar in einem und demselben Protoplasmabande zwei Ketten knapp nebeneinander dahinziehend. Die Ströme ergießen sich über das Wandprotoplasma, teilen sich hier in zahlreiche Arme, begegnen und stauen sich, bilden kleine Wirbel, sammeln sich auch wieder und lenken in einen andern Strang des Bandprotoplasmas ein. Dabei sieht man die einzelnen Körnchen der Züge nach ihrer Größe mit ungleicher Schnelligkeit bewegt; die kleinern gleiten rascher, die größern langsamer vorwärts; letztere werden häufig von den erstern überholt, und manchmal stockt dann der ganze Strom. Plötzlich aber werden die gehäuften Körnchen wieder rascher vorwärts gerollt, ganz ähnlich wie die Geröllstücke im Bette eines Flusses, der bald durch eine Enge, bald durch einen flachen Thalboden dahinströmt. Dabei bleiben die Bahnen gegen den wässerigen Saft der Zellkammer, durch welchen sich das Bandprotoplasma hindurchzieht, scharf abgegrenzt, und keins der Körnchen geht jemals aus dem Protoplasmastrange in den wässerigen Zellsaft über.

Größere Körper, wie namentlich die kugeligen Ballen des Blattgrüns oder Chlorophylls, werden in vielen Fällen nicht vorwärts gebracht, sondern bleiben ruhig liegen, und es gleitet an ihnen der Protoplasmastrom vorüber, ohne die geringste Veränderung zu veranlassen. Auch die äußerste der Zellhaut anliegende Schicht des Protoplasten wird in den meisten Pflanzenzellen in keine sichtbare Bewegung versetzt; in andern Fällen dagegen kommt allerdings der ganze Protoplast in eine rotierende Bewegung, und es werden dann auch die in seinen Leib eingelagerten größern Körper, namentlich die Ballen aus Blattgrün, ähnlich wie Treibholz, von einem Wildbache mit fortgerissen (s. Abbildung, S. 24, Fig. 2 u. 3). Das ist dann ein wunderliches Kreisen und Wogen in der ganzen Masse; die Chlorophyllballen jagen bald beschleunigt, bald verlangsamt hintereinander her, als wenn sie sich haschen wollten, und auch ein andres Gebilde, nämlich der später noch zu besprechende Zellkern, kann dem Andrängen nicht widerstehen, wird von der Strömung mitgerissen, folgt den mannigfaltigen Verschiebungen des verschränkten Netzwerkes aus Protoplasmasträngen, in welchem er eingelagert ist, und wird bald längs der Zellwand fortgeschleift, bald wieder von einem Strange des Bandprotoplasmas ins Schlepptau genommen und quer durch den Innenraum der Zellkammer gezerrt (s. Abbildung, S. 24, Fig. 3).

Wenn man aus der Schnelligkeit, mit welcher das Forttreiben der Körnchenzüge stattfindet, die Schnelligkeit der Strömung selbst berechnet, so ergeben sich sehr abweichende Werte, die zunächst wohl von der Eigenart des Protoplasmas, dann aber auch von der Temperatur und andern äußern Verhältnissen abhängig sind. Die Erhöhung der Temperatur bis zu einem gewissen Grade beschleunigt im allgemeinen die Strömung. In besonders raschem Flusse befindliche Protoplasten legen in der Minute einen Weg von 10 mm zurück, andre in derselben Zeit den Weg von 1 bis 2 mm, und wieder andre, welche es nicht so eilig haben, kommen in einer Minute nur um ein Hundertstel eines Millimeters vorwärts. Größere Körper, zumal größere Chlorophyllballen, werden am langsamsten bewegt. So dauert es oft Stunden, bis die der Seitenwand einer Zelle angeschmiegten Chlorophyllballen auf die gegenüberliegende Seite derselben Zelle durch das Protoplasma hinübergeschoben werden, eine Entfernung, welche nur einem kleinen Bruchteile eines Millimeters gleichkommt.

Sowohl die kleinen Körnchen als auch die größern Ballen des Blattgrüns oder Chlorophylls und der Zellkern sind von dem Protoplasma rings eingehüllt, und man muß sich das Protoplasma, mag dasselbe als ein Band oder Faden erscheinen, einen Wandbeleg

bilden oder aber eine ungegliederte Masse darstellen, immer zusammengesetzt denken aus einer äußern zähern und dichtern und einer innern weichern und flüssigern Schicht. Die erstere erscheint ohne Einlagerungen, ist ungekörnt und daher durchsichtiger und macht demzufolge auch den Eindruck einer Haut, von welcher die innere weichere, mit Körnchen durchsetzte und trübe Schicht umkleidet wird. Es wäre aber unrichtig, sich diesen Gegensatz sehr deutlich ausgeprägt zu denken, etwa so, daß die äußerste Schicht von der innern scharf abgesetzt ist. In Wirklichkeit besteht keine solche scharfe Grenze, und die zähere Hautschicht geht ganz allmählich in das innere weichere, bewegliche und flüssigere Protoplasma über. Daß nun die Körnchen und Ballen, welche man in dem strömenden Protoplasma fortgeschoben sieht, sich innerhalb der weichern Innenschicht bewegen, ist wohl selbstverständlich. Manchmal macht es allerdings den Eindruck, als ob die kleinen Körnchen über einen dünnen Strang des Bandprotoplasmas wie über ein gespanntes Seil von einer Seite auf die andre gleiten würden; bei sorgfältiger Untersuchung aber zeigt sich, daß auch in solchen Fällen die scheinbar auf dem Protoplasmafaden sich fortschiebenden Körnchen von der feinen, durchsichtigen Hautschicht des Protoplasmas überzogen sind, daß also auch diese Körnchen, in die Substanz der Protoplasten eingelagert, keine selbständige Bewegung ausführen, sondern von dem sich streckenden Protoplasma fortgeschoben werden.

Jede Strombahn des Protoplasmas ist demnach gegen die Umgebung durch eine zähere Schicht abgeschlossen und abgegrenzt. Das schließt aber nicht aus, daß die Richtung dieser Strombahnen, auf welchen die Körnchenschwärme dahinziehen, sich verändern kann. Verfolgt man den Lauf eines solchen körnchenführenden Stromes nur ganz kurze Zeit, so bemerkt man in der That auch fortwährende Wandlungen; der bisher geradlinige Strom biegt plötzlich seitab, wird breiter, dann wieder schmäler, legt sich an einen andern an, trennt sich wieder ab, spaltet sich in zwei kleine Arme und verliert sich endlich im Wandprotoplasma. Anderseits erheben sich von dem Wandprotoplasma neue Falten, die sich dehnen und ziehen und als Bänder durch den Zellenraum auf die andre Seite hinüberschieben, oder aber es strecken sich Fäden vor, die sich so lange verlängern, bis sie mit andern Fäden zusammentreffen und sich mit diesen netzförmig vereinigen. Es spielen sich demnach hier teilweise dieselben Vorgänge ab, wie sie an den freien kriechenden Protoplasten beobachtet werden. Denkt man sich einen Protoplasten, welcher, frei über einen ebenen Boden hinkriechend, auf der Wanderschaft begriffen war, eingefangen und in ein ringsum geschlossenes Gefäß eingekerkert, so würde derselbe, über die Innenfläche dieses Gefäßes sich ausbreitend, auszweigend und herumkriechend, ganz denselben Eindruck machen müssen wie die zuletzt geschilderten Protoplasten, welche schon von ihrer ersten Jugend her eine Zellkammer bewohnen, so wie umgekehrt ein aus seiner Behausung ausgeschlüpfter Protoplast durch das Verschieben, Strecken und Einziehen seiner einzelnen Teile auch eine Ortsveränderung vorzunehmen im stande ist.

Abweichend von der kriechenden, gleitenden und strömenden Bewegung der Protoplasten ist diejenige, welche sich durch das sogenannte Wimmeln der in dem Protoplasma enthaltenen Körnchen kundgibt. Man beobachtet sie besonders auffallend in den Zellen der Gattungen Penium und Closterium, von welchen zwei auf der Tafel bei S. 22, Fig. i, k, abgebildet erscheinen, aber auch noch an andern verwandten kleinen Wasserpflanzen, die in Tümpeln, Teichen und Seen einzeln oder zu Kolonien vereinigt leben und durch ihre lebhaft grüne Farbe auffallen. Insbesondere die genannte Gattung Closteriam umfaßt zierliche einzellige Formen, deren bogenförmig gekrümmte Zellen die bei Pflanzen nicht gerade häufige Form eines Halbmondes besitzen, so daß man eine Art dieser Gattung, bei welcher die halbmondförmige Gestalt besonders auffallend hervortritt, Closterium Lunula genannt hat. Die Zellhaut aller dieser kleinen Wasserpflanzen ist glashell und vollkommen durchsichtig. Der

größte Teil des die Zellkammer erfüllenden Zellenleibes wird von einem der Länge nach gerieften dunkelgrünen Chlorophyllkörper gebildet; das Protoplasma, welches in den beiden spitz zulaufenden Enden des Zellraumes sichtbar wird, ist aber farblos und enthält einen Schwarm von Mikrosomen eingebettet. Diese Körnchen oder Mikrosomen erscheinen nun, solange der Protoplast lebt, fort und fort in der sonderbarsten Bewegung. Man sieht sie nämlich deutlich innerhalb des sehr beschränkten Raumes auf- und abhüpfen, wirbeln und tanzen, hin- und herschießen, ohne daß sie aber eigentlich recht vom Flecke kommen; man erinnert sich bei solchem Anblicke an das scheinbar planlose Hin- und Herlaufen der Ameisen oder Bienen im Bereiche ihres Baues, und man hat diese Bewegung nicht unpassend als wimmelnde Bewegung bezeichnet. Welche Bewegung das Protoplasma, in welchem diese wimmelnden Mikrosomen eingelagert sind, ausführt, ist schwer vorzustellen; es müssen aber in der sehr flüssigen Masse desselben fortwährend rasche Verschiebungen auf engstem Raume stattfinden, und es ist anzunehmen, daß auch hier wieder nicht so sehr die kleinen Körnchen selbst sich bewegen, als vielmehr das von ihnen durchspickte Protoplasma, dessen Substanz sich dehnt, streckt und wirbelt und dabei die einzelnen Körnchen bald dahin, bald dorthin versetzt, was nun freilich nicht ausschließt, daß gleichzeitig auch die Körnchen selbst innerhalb der Protoplasmamasse vibrierende Bewegungen ausführen.

Ähnlich, aber doch wieder abweichend ist auch die wimmelnde Bewegung des Protoplasmas, welche in den Zellen des Wassernetzes (Hydrodyction utriculatum) und mehrerer andrer mit dem Wassernetze verwandter Pflanzen beobachtet wird. Das Wassernetz sieht einem aus grünen Fäden gewobenen sackartigen Fischernetze ähnlich. Die meist sechseckigen Maschen dieses Netzes werden aber nicht aus Fäden, sondern aus dünnen, cylinderförmigen Zellen gebildet, welche zu drei und drei an ihren Enden verbunden sind, etwa so wie die Bleifassung der sechseckigen, kleinen Glastafeln an gotischen Fenstern. Der Zellenleib einer dieser Zellen zerfällt nun zur gelegenen Zeit in eine große Menge (7000—20,000) winziger Klümpchen, welche in der betreffenden Zellkammer sich zu bewegen beginnen und anscheinend regellos durcheinander wimmeln. Nach einer halben Stunde stellt sich aber die Ruhe in der aufgeregten Masse wieder her; die winzigen Gebilde ordnen sich, stellen sich in Reih' und Glied, je drei und drei mit ihren Enden unter Winkeln von 120° gegeneinander gerichtet, und schließlich verbinden sich alle zu einem winzigen Netze, das ganz und gar die Form jenes Zellennetzes zeigt, von welchem eine der Zellen den Tummelplatz für diese Gebilde abgegeben hatte. Das so gebildete winzige Wassernetz schlüpft dann aus der sich öffnenden Zelle heraus und wächst binnen drei bis vier Wochen wieder zur Größe der mütterlichen Pflanze heran.

Während in diesem Falle der Protoplast eine ganze Zellenkolonie erzeugt, welche ihre Behausung, wegen der Beschränktheit des Raumes, verlassen muß, und während in den früher behandelten Fällen der Protoplast sich nach allen Seiten streckt und dehnt, sich in Bänder auszieht, zu dünnen, tapetenartigen Belegen verflacht, dabei allseitig an Ausdehnung zu gewinnen und eine möglichst große Oberfläche anzunehmen sucht oder aber kriechend, schwimmend und wirbelnd ins Weite schweift und dabei möglichst viele Flächen zu berühren sich bestrebt, verfällt der Protoplast zeitweilig auch in das andre Extrem, indem die ausgebreitete Masse seines Körpers sich wieder sammelt, mehr und mehr zusammenzieht und schließlich zur ruhenden Kugel wird, also jene Gestalt annimmt, in welcher sie der Umgebung eine möglichst geringe Oberfläche aussetzt.

Es spielt sich dieser Vorgang besonders deutlich innerhalb der Zellkammern jener grünen Algen ab, welche den Namen Spirogyra führen, und von welchen auf der Tafel bei S. 22, Fig. 1, eine Art in 300maliger Vergrößerung dargestellt ist. Für gewöhnlich bildet hier das Protoplasma in jeder ausgewachsenen Zellkammer einen sehr dünnen Wandbeleg, in welchem

die grünen Chlorophyllkörper in Gestalt eines schraubenförmigen Bandes eingelagert sind. Plötzlich hebt sich aber dieser Beleg von der Innenseite der Zellwand ab und zieht sich so zusammen, daß er nach kurzer Zeit eine Kugel darstellt, welche den Mittelraum der Zellkammer einnimmt. So wie aber diese Kontraktion eine eigne Bewegungsform des Protoplasmas darstellt, ebenso ist auch die weitere Veränderung, welche der zur Kugel zusammengezogene Protoplast einer Spirogyra-Zelle erfährt, auf Verschiebungen in seiner Substanz zurückzuführen und als eine besondere Art der Protoplasmabewegung zu erwähnen. Der kugelig gewordene Protoplast bleibt nämlich nur ganz kurze Zeit im Mittelraume der Zellkammer, legt sich alsbald an eine Seite der Kammer an, drängt sich dort in eine Ausstülpung der Zellhaut, welche, weiter ausgebildet, als Kanal zu einer andern Zellkammer hinüberführt, vor, verschmälert und streckt seinen Körper und schlüpft endlich durch den Kanal in die andre Kammer hinüber, um sich mit einem dort seiner harrenden zweiten Protoplasten zu verbinden und mit diesem zu einer Masse zu verschmelzen. Es scheint mir am Platze, schon hier zu bemerken, daß alle diese Verschiebungen und Umlagerungen in der Substanz des Protoplasmas der Spirogyra-Zellen, das Zusammenziehen sowohl als das Vordrängen, Durchschlüpfen und Verschmelzen, durchaus nicht infolge eines Anstoßes, einer Anregung oder eines Reizes von außen auftreten, sondern als dem Protoplasma eigentümliche und von ihm selbst ausgehende Bewegungen aufzufassen sind.

Bewegungen der Volvocineen, Diatomaceen, Oscillarieen und Bakterien.

Sehr merkwürdig ist die Bewegung jener wunderbaren Geschöpfe, welche man unter dem Namen der Volvocineen begreift, und von welchen eine Art, nämlich Volvox globator, schon Leeuwenhoek bekannt war, aber sowohl von diesem als auch später noch von Linné der auffallenden Ortsveränderung wegen für ein Tier gehalten und Kugeltier benannt wurde. Eine solche Volvox-Kugel besteht aus einer ungemein großen Zahl grüner Protoplasten, welche familienweise zusammenleben und innerhalb ihrer gemeinsamen Behausung sehr regelmäßig gruppiert sind. Sie erscheinen nämlich strahlenförmig angeordnet, durch ein Netzwerk zäher Fäden miteinander verkettet und festgehalten und wenden den einen Pol dem Mittelpunkte, den andern der Peripherie der Kugel zu. Von dem der Peripherie zugewendeten, durch einen glänzenden roten Punkt bezeichneten Ende jedes Protoplasten gehen ein paar Wimperfäden aus, welche durch die zarte gallertartige Hülle der ganzen Kugel durchgesteckt sind, in das umgebende Wasser hinausragen und sich dort rhythmisch bewegen. Ähnlich, wie eine mit mehreren Ruderern bemannte Barke durch die gleichmäßigen Ruderschläge im Wasser dahingleitet, bewegt sich nun auch der kugelige Volvox rollend fort, sobald die Protoplasten, welche die Besatzung dieses sonderbaren sphärischen Fahrzeuges bilden, mit ihren wimperförmigen Rudern zu pendeln und herumzuwirbeln beginnen, ein ungemein zierliches Schauspiel, welches die Beobachter aller Zeiten in gerechtes Erstaunen versetzte und auch niemals verfehlen wird, bei jedem, der solche Volvox-Kugeln zum erstenmal langsam dahinrollen sieht, freudiges Entzücken zu veranlassen.

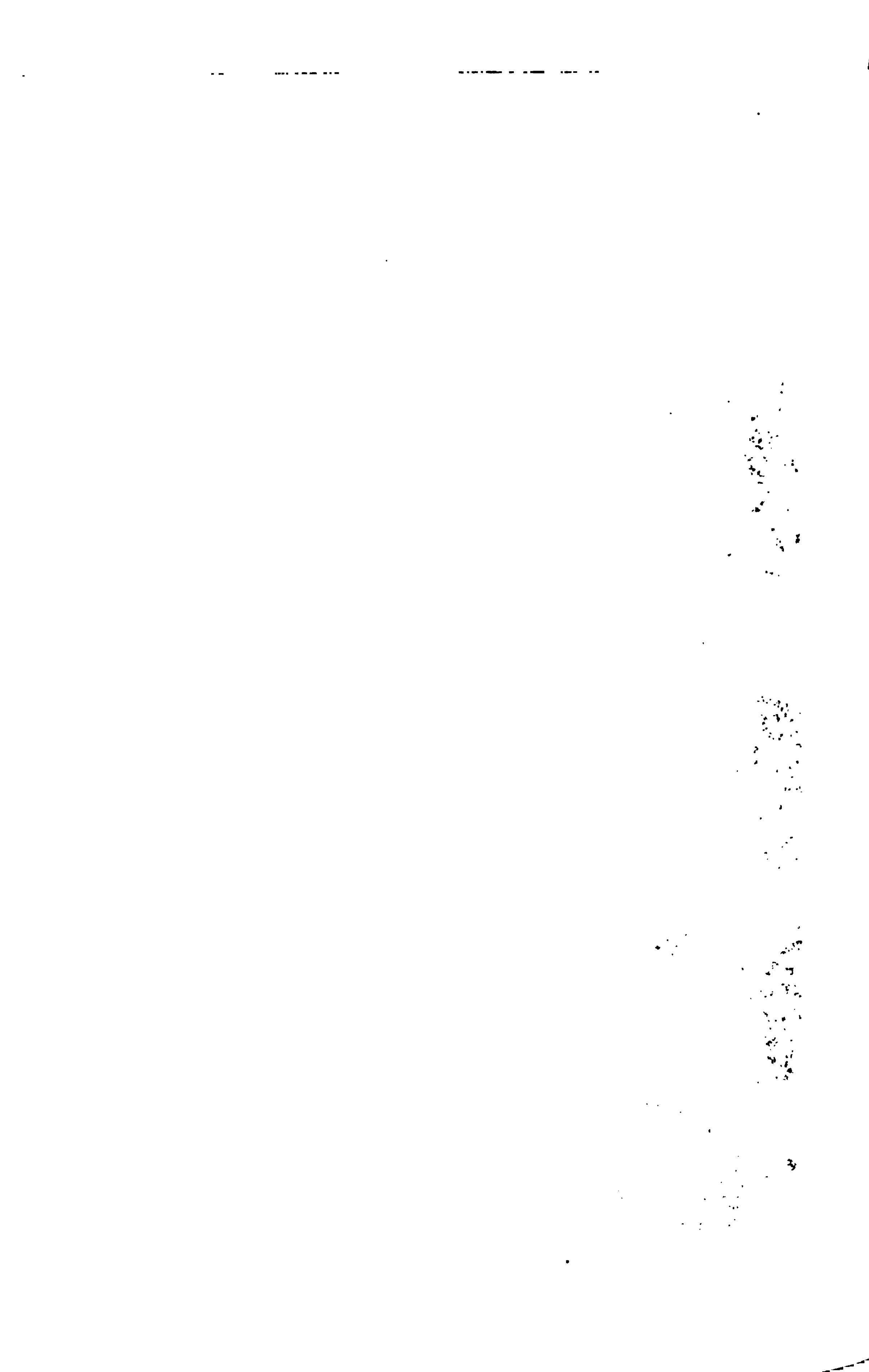
Nicht geringeres Erstaunen hat übrigens zu allen Zeiten eine andre zu den Volvocineen gehörende Pflanze, nämlich die sogenannte Blume des Schnees, hervorgerufen und zwar nicht nur mit Rücksicht auf die merkwürdigen Bewegungserscheinungen, sondern auch wegen des eigentümlichen Vorkommens an Stellen, wo man alle Lebensthätigkeit für erloschen halten möchte. Es war im Jahre 1760, als Saussure zum erstenmal die Schneefelden in den savoyischen Hochgebirgen lebhaft rot gefärbt sah und diese Erscheinung als Roter Schnee beschrieb. Einmal aufmerksam gemacht, fand man dann diesen Roten Schnee

auch auf den Schweizer, Tiroler und Salzburger Alpen, auf den Pyrenäen, in den Karpathen, im nordöstlichen Teile des Uralgebirges, im arktischen Teile Skandinaviens und in der Sierra Nevada in Kalifornien. In großartigster Entwickelung wurde der Rote Schnee aber in Grönland beobachtet. Als Kapitän John Roß im Jahre 1818 auf seiner Entdeckungsreise im arktischen Amerika das Kap York umschifft hatte, sah er alle Schneefelder, welche in den Schluchten und Runsen der Uferklippen eingelagert waren, lebhaft karmoisinrot gefärbt, und es war dieser Anblick so überraschend, daß John Roß diese felsigen Steilufer als Crimson Cliffs (Karmoisinklippen) bezeichnete. Bei Gelegenheit späterer Expeditionen in die arktischen Regionen wurde dann der Rote Schnee auch noch nördlich von Spitzbergen, im russischen Lappmarken und in Ostsibirien beobachtet, nirgends aber in so staunenswerter Entwickelung wie auf den Crimson Cliffs in Grönland, von welchen die beigeheftete Tafel „Roter Schnee in der Baffinsbai" ein naturgetreues Bild liefert.

Besieht man eins der Schneefelder, welches von der Blume des Schnees rot gefärbt ist, in der Nähe, so findet man, daß nur die oberflächlichste Schicht des Schnees, etwa 50 mm tief, rot gefärbt ist, und daß sich das Phänomen vorzüglich an jenen Stellen ausgebildet hat, wo der Schnee unter dem Einflusse der Sommerwärme zeitweilig abgeschmolzen ist, insbesondere also in den großen und kleinen Mulden und gegen den Rand der Schneefelder, wo sich regelmäßig auch der sogenannte Schneestaub oder Kryokolith in Gestalt von schwärzlichen, graphitartigen, schmierigen Streifen hinzieht. Unter dem Mikroskope betrachtet, stellt sich die den Schnee rot färbende Masse als eine Anzahl kugeliger Zellen dar, welche eine ziemlich derbe, farblose Zellhaut und ein mit Chlorophyll durchsetztes Protoplasma besitzen. Die grüne Farbe des Chlorophylls wird aber durch einen blutroten Farbstoff so verdeckt, daß man sie erst zu erkennen vermag, wenn der rote Farbstoff ausgezogen wird oder sich von selbst in der Zelle auf einige wenige beschränkte Stellen zurückzieht. Die vollkommen kugeligen Zellen rühren sich nicht von der Stelle und geben auch, solange der Schnee erstarrt ist, kein Lebenszeichen von sich. Sobald aber die Wärme der Hochsommermonate den Schnee zum Schmelzen bringt, werden auch diese Zellen lebendig; sie vergrößern sich zusehends und bereiten sich, wenn sie einmal eine gewisse Größe erreicht haben, zur Teilung und Vermehrung vor. Die Vergrößerung, beziehentlich Ernährung erfolgt auf Kosten des von dem Schmelzwasser des Schnees aus der atmosphärischen Luft absorbierten Kohlendioxyds und auf Rechnung der den Schneestaub bildenden anorganischen und organischen Bestandteile. Wir werden auf diesen Schneestaub ohnedies noch wiederholt zurückzukommen Gelegenheit haben; hier sei nur zum Verständnisse der mikroskopischen Abbildung des Roten Schnees auf der Tafel bei S. 22, Fig. e—h, bemerkt, daß sich in den Alpen unter den organischen Bestandteilen, welche den Schneestaub bilden, insbesondere häufig die durch Stürme in die Hochgebirgsregion hinaufgetragenen, teilweise schon in Verwesung begriffenen Blütenstaubzellen von Nadelhölzern, zumal von Fichten, Zirben und Legföhren, finden, und daß ich in jeder der untersuchten Proben die Zellen des Roten Schnees mit den quer-ovalen, an beiden Seiten halbkugelig aufgetriebenen, schmutzig gelblichen Blütenstaubzellen der genannten Koniferen in der Weise gemengt sah, wie es die Figuren e—h auf der Tafel bei S. 22 zur Anschauung bringen.

Mit Hilfe der im Schmelzwasser des Schnees sich lösenden Bestandteile des Schneestaubes ernähren sich nun, wie gesagt, die roten Zellen, vergrößern sich und teilen sich schließlich in vier, manchmal aber auch in sechs und acht, seltener nur in zwei Tochterzellen (Fig. f, g). Alsbald, nachdem sich die Teilung vollzogen hat, isolieren sich die gebildeten Tochterzellen, nehmen eine eiförmige Gestalt an und zeigen an dem schmälern Ende zwei lange, wirbelnde Wimperfäden, mit deren Hilfe sie sich ziemlich lebhaft im Schmelzwasser des Schnees bewegen, durch die mit Schmelzwasser erfüllten Zwischenräume des noch nicht





ROTER SCHNEE IN DER BAFFINSBAI.



geschmolzenen, aber körnig gewordenen Schnees fortschwimmen und so ohne Zweifel zur Verbreitung über das Schneefeld beitragen. Im Augenblicke des Freiwerdens und der ersten Bewegungen, welche die kleinen Schwimmer ausführen, erscheint ihr Zellenleib nackt, bald aber umgibt sich jeder derselben mit einer sehr zarten, aber deutlich erkennbaren Haut, welche jedoch merkwürdigerweise dem Protoplasma nicht dicht anliegt, sondern sich abhebt und den roten Körper wie ein weiter Sack umhüllt (s. Tafel bei S. 22, Fig. e). Nur vorn, wo die beiden Wimpern sich wirbelnd bewegen, liegt die Haut dem Zellenleibe dicht an, und man muß annehmen, daß hier die Wimpern, welche nichts andres als Fortsätze der Substanz des Protoplasmas sind, durch die Zellhaut durchgesteckt sind. Es bilden diese Schwärmer das seltene Beispiel von Protoplasten, welche sich einzeln mittels Wimpern im Wasser bewegen und dabei die selbstgeschaffene Zellhaut mit herumschleppen.

Wie lange das Herumschwimmen in der freien Natur dauert, ist mit Sicherheit nicht anzugeben. In unsern mittel- und südeuropäischen Hochgebirgen, wo auf die warmen Tage selbst im Hochsommer bitterkalte Nächte folgen und das nicht abgeflossene Schmelzwasser in den Mulden der Schneefelder über Nacht wieder zu Eis erstarrt, wird die Bewegung ohne Zweifel oftmals unterbrochen; im hohen Norden, wo die Sonne im Hochsommer wochenlang nicht untergeht, dürfte dagegen eine solche Unterbrechung zu den Seltenheiten gehören. Auf keinen Fall ist übrigens die Beweglichkeit der roten, in ihren glashellen Zellhautmänteln herumschwimmenden Schwärmer auf so kurze Zeit beschränkt wie bei den nackten, mit Hilfe von Wimpern schwimmenden Protoplasten. Sie vermögen sich sogar, ähnlich wie die ruhenden roten Zellen, aus denen sie hervorgegangen sind, zu ernähren und zu vergrößern, und man hat beobachtet, daß sie in der Kultur innerhalb zweier Tage einen viermal größern Umfang angenommen haben. Sind sie endlich zur Ruhe gekommen, so ziehen sie ihre Wimpern ein, nehmen eine kugelförmige Gestalt an, verdicken ihre Zellhaut, welche jetzt wieder dem Zellenleibe knapp anliegt, und teilen sich wieder in zwei, vier oder acht Zellen (Fig. f, g). Das paarweise Verschmelzen der Protoplasten der roten Zellen und die geschlechtliche Vermehrung derselben, welche neben der oben geschilderten ungeschlechtlichen Vervielfältigung beobachtet wurde, sollen später Gegenstand der Erörterung sein; hier ist in betreff dieser merkwürdigen Pflanze nur noch zu bemerken, daß sie von dem Botaniker Sommerfelt mit dem Namen Sphaerella nivalis belegt worden ist, und daß sie nicht nur in ihrer Lebensweise, sondern auch in Form und Farbe die größte Ähnlichkeit mit der sogenannten Blutalge hat, die sich im mittlern Europa in kleinen, mit Regenwasser zeitweilig erfüllten Vertiefungen von Felsplatten und Steinschalen und in den Aushöhlungen der im Freien aufgestellten Gefäße einstellt und den Namen Sphaerella pluvialis oder auch **Haematococcus pluvialis** erhalten hat.

Endlich ist hier auch noch jener rätselhaften Bewegungen zu gedenken, welche von vielen Diatomaceen und von den fadenförmigen Zonotrichia-, Oscillaria- und Beggiatoa-Arten ausgeführt werden. Was die erstern anlangt, so ist ein Teil derselben festgewachsen an irgend einer Unterlage und einer Ortsveränderung für gewöhnlich nicht fähig; ein andrer Teil aber ist fast fortwährend auf Reisen, und die kleinen, einzelligen Organismen steuern mit großer Sicherheit über den Grund der Wasseransammlungen, in welchen sie sich aufhalten, dahin. Ihre Zellhaut ist in einen Kieselpanzer umgewandelt, und dieser glashelle, durchsichtige, aber sehr harte Panzer besteht aus zwei Hälften, welche ähnlich wie die Schalen einer Muschel zusammenschließen. Die ganze gepanzerte Zelle zeigt die Form einer Gondel oder eines Schiffchens mit geschweiftem oder geradlinigem Kiele (Pleurosigma, Pinularia, Navicula) und mit den mannigfachsten Leisten, Rippen und Verspreizungen der gepanzerten Wände. Von innern Kräften getrieben, ziehen diese gepanzerten Schiffchen am Grunde des Wassers oder über feste Körper, welche sich im Wasser befinden, ihre Bahnen, langsam und

gleichmäßig über die Unterlage hinschleifend oder auch ruckweise und mit ziemlich langen Unterbrechungen sich scheinbar mühsam fortschleppend, einige Zeit eine gerade Richtung einhaltend, nicht selten ohne sichtbaren Grund seitlich abschwenkend und auf einen andern Weg einlenkend, manchmal auch sich zurückschiebend, vorspringende Gegenstände wie Klippen umfahrend oder dieselben mit einer ihrer festen, häufig knotenförmig verdickten Spitzen berührend und aus dem Wege stoßend, so daß diese längs des Kieles der kleinen Panzerschiffe vorbeigleiten. Und doch sieht man keine Ruder oder Wimpern aus dem Gefährte vorgestreckt wie bei den früher besprochenen Volvocineen; auch der Kieselpanzer zeigt keinerlei bewegliche Fortsätze, aus welchen man diese Bewegungen zu erklären vermöchte. Bei der großen Analogie des Baues dieser Diatomaceen mit den Muscheln glaubt man sich aber zu der Annahme berechtigt, daß die beiden während der Ruhe der betreffenden Diatomaceen fest zusammenschließenden Kieselschalen an einer Seite etwas auseinander weichen, so daß dort der in dem Gehäuse wohnende Protoplast eine Leiste seines Körpers vorschieben und mit dieser über die Unterlage fortkriechen kann.

Auch die Bewegungen, welche die Fäden der Beggiatoa-, Oscillaria- und Zonotrichia-Arten vollziehen, werden auf ähnliche Weise erklärt. An diesen Fäden, welche aus zahlreichen kurz cylindrischen oder scheibenförmigen Zellen zusammengesetzt sind und die, an dem einen Ende festsitzend, mit dem andern Ende die auffallendsten Bewegungen ausführen, sich bald vorstrecken, bald zurückziehen, sich jetzt schlangenförmig krümmen, dann wieder gerade strecken, vor allem aber kreisend im Wasser herumschwingen, glaubt man gleichfalls eine unendlich zarte, aus den Zellen sich vordrängende Protoplasmaleiste, welche einen schraubigen Verlauf haben und ähnlich wie eine Schiffsschraube wirken dürfte, als Vermittlerin der Bewegung ansehen zu können.

Bei einem Rückblicke auf die geschilderten so mannigfaltigen Bewegungserscheinungen gewinnt man die Überzeugung, daß *die Fähigkeit, sich zu bewegen, jedem lebenden Protoplasten zukommt.* Die Verschiebung und Umlagerung seiner Masse mag sich in manchen Fällen allerdings so langsam vollziehen, daß es kaum möglich ist, die Größe derselben in Zahlen auszudrücken; zeitweilig kann die Bewegung auch ganz sistiert werden, aber bei sich einstellendem Bedürfnisse und unter günstigen äußern Verhältnissen kommt die Masse immer wieder in Fluß und wird hierbei in betreff der einzuhaltenden Richtung von in ihr selbst frei werdenden Kräften getrieben. Die Erkenntnis der Ziele und das Verständnis der Bedeutung der verschiedenen Protoplasmabewegungen lassen zwar noch vieles zu wünschen übrig; doch ist in dieser Beziehung die Annahme gerechtfertigt, daß alle diese Bewegungen mit der Erhaltung und Vervielfältigung der Protoplasten im Zusammenhange stehen, daß namentlich das Aufsuchen der Nahrung, die Ausscheidung unbrauchbarer Stoffe, die Erzeugung einer Nachkommenschaft, das Aufsuchen der Sonnenstrahlen für die lichtbedürftigen Chlorophyllkörper oder das Aufsuchen geeigneter Punkte zu neuer Ansiedelung das Ziel dieser so mannigfachen Bewegungen ist, welche Auffassung im Laufe der vorhergehenden Schilderung wiederholt zum Ausdrucke gebracht wurde, und der auch im nachfolgenden noch wiederholt Raum gegeben werden wird.

---

3. Ausscheidungen und Bauthätigkeit der Protoplasten.

Inhalt: Zellsaft. Zellkern. Chlorophyllkörper. Stärke. Kristalle. — Aufbau der Zellwand und Herstellung von Verbindungen benachbarter Zellenräume.

Zellsaft. Zellkern. Chlorophyllkörper. Stärke. Kristalle.

Neben der Fähigkeit, seine Teile zu verschieben, sich auszubreiten und zusammenzuziehen, sich zu trennen und mit seinesgleichen zu verschmelzen, besitzt der lebende Protoplast auch noch die Eigenschaft, einzelne Stücke seines Leibes bestimmten Verrichtungen anzupassen, in seinem Innern allerlei chemische Verbindungen auszubilden und diese allenfalls auch auszuscheiden. In die Aussackungen und Hohlräume, welche in dem sich streckenden und dehnenden Protoplasten entstehen, und aus welchen schließlich, wenn nämlich der Protoplast nur noch einen tapetenartigen Wandbeleg in seiner Kammer darstellt, eine einzige Mittelhöhle wird, scheidet sich zunächst immer der Zellsaft aus, eine wässerige Flüssigkeit, welche die verschiedensten Körper, zumal Zucker, Säuren und Farbstoffe, gelöst oder suspendiert enthält. Innerhalb der Substanz des Protoplasmas selbst aber entstehen Gebilde, welche, eine ganz bestimmte Gestalt annehmend, in ihren Umrissen deutlich erkennbar sind, wie namentlich der Zellkern, die Chlorophyllkörper und die Stärkemehlkörner.

Was zunächst den Zellkern anbelangt, so ist er trotz des Umstandes, daß seine Substanz von der Hauptmasse des Zellenleibes nur wenig verschieden ist, von dieser doch immer deutlich abgegrenzt, lagert in dem ungegliederten Protoplasten gewöhnlich in der Mitte und ist in den gegliederten Protoplasten entweder einer Wand der Zellkammer angeschmiegt oder in einer taschenartigen Aushöhlung des Bandprotoplasma im Innenraume aufgehängt (s. Abbildung, S. 24, Fig. 1 u. 3). Durch das strömende Protoplasma kann er fortgeschoben und im Innenraume der Zellen herumgeschleppt werden, wobei er mitunter seine Form ändert und sich vorübergehend etwas streckt und abplattet. Seine Substanz, welche, wie schon gesagt, von dem andern Protoplasma nur wenig abweicht, ist farblos, von Mikrosomen durchsetzt und kann im Innern ähnliche Verschiebungen erfahren wie das Protoplasma des ganzen Zellenleibes. Wenn sich ein Protoplast teilt, so spielt dabei sein Zellkern eine sehr wichtige Rolle, und es wird seine diesbezügliche Bedeutung später nochmals besprochen werden müssen.

Die Blattgrün- oder Chlorophyllkörper, deren schon wiederholt nebenbei erwähnt wurde, stellen grüne, rundliche oder ellipsoidische Ballen oder auch Platten dar, welche in der mannigfaltigsten Weise gruppiert sind. (S. Tafel bei S. 22, Fig. i, k, l, m, p.) Sie werden von dem Protoplasten in besondern taschenförmigen Aushöhlungen seines Leibes und zwar gewöhnlich in großer Zahl erzeugt, immer aber nur dort, wo er derselben bedarf, d. h. in jenen Zellen, in welchen sich die für den Bestand der organischen Welt so wichtige Bildung organischer Substanz aus anorganischer Nahruug vollzieht, von der später noch ausführlich gesprochen werden wird. Die Chlorophyllkörper sind ihrer Grundmasse nach von der Substanz des Protoplasmas, in der sie geformt wurden, und in der sie auch zeitlebens eingebettet bleiben, nicht wesentlich verschieden, heben sich aber von der Umgebung immer sehr deutlich durch ihre grüne Färbung ab. Dieses Grün rührt von einem Farbstoffe her, welcher der Protoplasmamasse des Chlorophyllkörpers eingelagert ist, jenem merkwürdigen Farbstoffe, welcher in unsern Vorstellungen so innig mit der Pflanzenwelt verwoben ist, daß uns eine nichtgrüne Pflanze fast wie eine Ausnahme von der Regel erscheint.

Außer dem Zellkerne und den Chlorophyllkörpern erzeugen dann die Protoplasten auch noch die später an geeigneter Stelle eingehender zu behandelnden Stärkemehl- und

Klebermehlkörner, Kristalle aus kleesaurem Kalke, Öltropfen, alles nach dem jeweiligen Bedürfnisse und je nach der Lage, welche die betreffenden Zellkammern in dem Pflanzengebäude einnehmen. Aber auch die Wandungen der Zellkammern werden von ihnen geformt, und es ist nicht nur eine Phrase, sondern wörtlich zu nehmen, wenn gesagt wird, daß die Protoplasten sich ihre Behausung selbst bauen, sich die Kammern dieser Behausung nach Bedürfnis teilen und einrichten, darin die nötigen Vorräte aufspeichern und vor allem die zur Ernährung, Erhaltung und Vermehrung notwendigen Geräte einstellen.

Aufbau der Zellwand und Herstellung von Verbindungen benachbarter Zellenräume.

Es liegt in der Natur der Sache, daß unter allen diesen Arbeitsleistungen gerade der Aufbau der Zellkammer die größte Mannigfaltigkeit zeigt; denn die Hülle, mit der sich ein einzelner Protoplast umgibt, soll gleichzeitig ein Schutz für seinen weichen Leib, eine kräftige Stütze für weitere Anbauten, unter Umständen auch ein fester Schild für den innewohnenden sich vergrößernden, mitunter auch sich vordrängenden und in andre Körper sich einschiebenden Protoplasten sein und dabei doch die Wechselwirkung mit der Außenwelt und den Verkehr der in benachbarten Kammern wohnenden Protoplasten nicht beschränken. Diese Wandungen der Kammer sind darum auch ganz wunderbare Fabrikate, und es wird auch von ihnen, zumal von der Bedeutung ihrer verschiedenen Konstruktion für bestimmte einzelne Fälle, noch mehrfach die Rede sein. Hier genügt es, darauf hinzuweisen, daß die erste Anlage einer solchen Kammer, welche aus dem Leibe des Protoplasten ausgeschieden wird und anfänglich als dünnes Häutchen erscheint, aus einer Substanz besteht, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt ist und in die Abteilung der Kohlenhydrate gehört.

Auf diese erste Hülle, welche sich der Zellenleib bildet, paßt der Name Zellhaut, welchen sie gemeiniglich führt, ganz gut. Es erfährt aber diese erste Umhüllung mancherlei Veränderungen. Der Protoplast kann Korkstoff, Holzstoff, Kieselerde, Wasser in größerer oder geringerer Menge einlagern und dadurch die Hülle entweder noch schmiegsamer machen, als sie es in der ersten Anlage war, oder sie verhärten und versteifen und zu einem sehr festen Gehäuse ausgestalten. Auch die ursprüngliche Form bleibt selten erhalten. Der einzelne Protoplast, der sich mit Zellhaut umgibt, hat zunächst die Form eines rundlichen Ballens, und eine entsprechende Gestalt zeigt denn auch seine dicht anliegende Hülle. Gruppenweise vereinigte jugendliche Zellen zeigen auch Umrisse, welche an Kristallformen, namentlich an Dodekaeder, Würfel und sechsseitige kurze Prismen, erinnern; der Protoplast aber, der sich die erste zarte Hülle geschaffen hat, kommt nicht zur Ruhe, er bosselt und arbeitet an seiner Haut fort und fort, weitet sie aus, verdickt sie, macht aus den anfänglich kugeligen oder würfelförmigen Hüllen röhren-, säulen- und faserförmige oder auch platten- und tafelförmige Kammern, verstärkt die Wandungen derselben mit Pilastern, Leisten, Rippen, Spangen, Bändern und verschiedenem Getäfel. Arbeiten mehrere Protoplasten in geselligem Verbande an einem vielkammerigen Gebäude, so entstehen knapp nebeneinander Kammern der verschiedensten Gestalt, niemals aber ziel- und planlos, sondern immer so, daß jede derselben der gegebenen Lage und der bei der gemeinsamen Haushaltführung ihr zu teil gewordenen besondern Aufgabe entsprechend ausgestattet ist.

Dem Umfange, welchen die Zellkammern durch Verbreiterung ihrer Wandungen erreichen können, sind sehr weite Grenzen gesetzt. Die kleinsten Zellen haben nur den Durchmesser von einem Mikromillimeter, das ist der tausendste Teil eines Millimeters, andre, wie z. B. die Zellen der Bierhefe, messen etwa zwei bis drei Hundertstel eines Millimeters, wieder andre sind in ihrer Abgrenzung mit freiem Auge zu erkennen und besitzen das Maß von

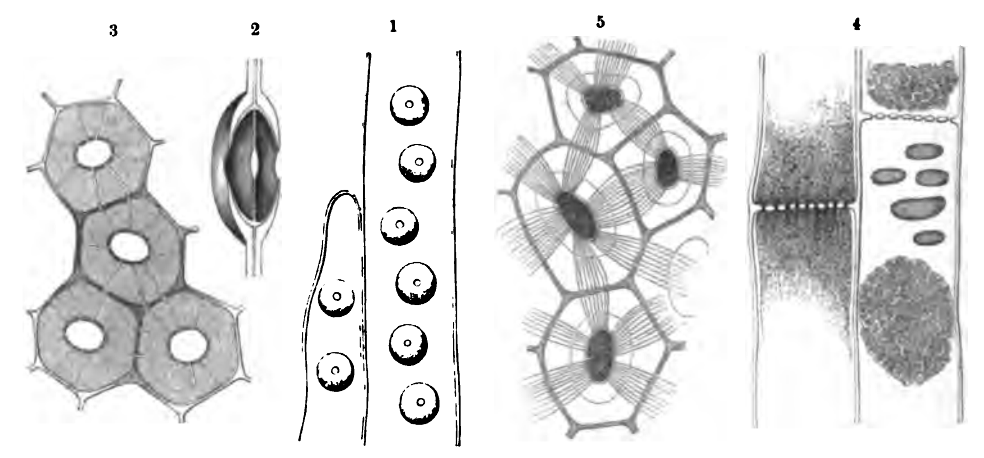
einem Millimeter. Schlauchförmige und faserförmige Zellen strecken sich oft außerordentlich in die Länge, so daß sie bei einem Lumen von kaum einem Hundertstel eines Millimeters eine Länge von 1, 2, ja selbst bis zu 5 cm erreichen, wie das z. B. an den Schläuchen der **Vaucheria clavata** (s. Tafel bei S. 22, Fig. a—d) und an jenen faserförmigen Zellen, aus welchen wir unsre Leinen- und Baumwollgespinste verfertigen, zu sehen ist.

Die Vergrößerung des Raumes der Zellkammer oder, was dasselbe sagen will, die Vergrößerung des Flächeninhaltes der Wandungen der Zellen erfolgt dadurch, daß zwischen die Partikelchen, aus welchen die erste Anlage dieser Wandungen besteht und die zusammenhängend die dünne Haut des Protoplasten bilden, neue solche Partikelchen eingeschoben werden. Wenn diese eingeschobenen Bausteinchen in dieselbe Fläche zu liegen kommen, in welcher schon die ersten nebeneinander gelagert wurden, so wird die durch solche Bauthätigkeit erzeugte Zellwand ihren Umfang vergrößern, ohne dabei an Dicke zu gewinnen. Wenn aber einmal die Zellkammern ihrem Umfange nach ausgewachsen sind, muß ihre Wand, um später besondern Aufgaben nachkommen zu können, durch die Bauthätigkeit der Protoplasten häufig auch verstärkt und verdickt werden. Diese Verdickung macht den Eindruck, als ob auf die erste dünne Wand nacheinander mehrere Schichten nach Bedarf aufgelagert würden, und in manchen Fällen entspricht der Vorgang gewiß auch diesem Bilde, in der Regel aber wird die Masse der Wand dadurch verdickt, daß zwischen die schon vorhandenen Bausteinchen neues, von den Protoplasten beigestelltes Baumaterial eingeschoben wird, welchen Vorgang man als „Intussuszeption" bezeichnet hat.

Das geschichtete Ansehen der verdickten Zellwände tritt natürlich dann besonders auffallend hervor, wenn abwechselungsweise in den verschiedenen Teilen der Wand verschiedene Stoffe eingesetzt wurden, und wenn die aufeinander folgenden Lagen ungleiche Mengen von Wasser aufnehmen. Die Verdickung kann schließlich dahin führen, daß der Zellenraum außerordentlich beschränkt wird und einen geringern Durchmesser besitzt als die ihn umschließende Wand. Mitunter bleibt von dem Zellenraume nur noch ein äußerst enger Kanal übrig, und solche Zellen können dann soliden Fasern gleichen, wurden ehemals auch gar nicht in die Kategorie der Zellen gestellt, sondern als Fasern von jenen Gebilden, welche sich wie die Zellen in den Bienenwaben ausnehmen, unterschieden. Die Protoplasten magern in solchen beschränkten Zellkammern ab und mögen in dem selbstgeschaffenen engen Kerker manchmal zu Grunde gehen, insbesondere dann, wenn die sehr verdickten Wandungen des Kerkers einen Verkehr mit der Außenwelt schließlich nicht mehr gestatten. Gewöhnlich aber sorgt der Protoplast beim Ausbaue seiner Behausung schon dafür, daß er nicht vollständig eingesargt und nicht dauernd von der Umgebung abgeschnitten wird, indem er entweder schon von Anfang an in den Wänden seiner Behausung ganz offene oder nur durch dünne, leicht durchdringbare Häutchen abgeschlossene Fensterchen anbringt, oder aber nachträglich ein Stück der selbstgeschaffenen ringsum geschlossenen Zellwand wieder löst und sich so eine Ausgangspforte bildet, durch die er, wenn es Zeit ist, entschlüpfen kann. Eine erschöpfende Schilderung der diesbezüglichen Bauthätigkeit des Protoplasten liegt nicht im Plane dieser Zeilen, und es genügt, einige der wichtigsten Vorgänge, welche die Herstellung einer Verbindung benachbarter Zellenräume und eine Verbindung mit der Außenwelt zum Zwecke haben, übersichtlich zu schildern.

In vielen Fällen werden von dem Protoplasten die neuen Partikelchen von Zellstoff, welche die dünne erste Zellhaut verstärken sollen, nicht der ganzen Fläche entlang gleichmäßig aufgelagert und eingeschaltet, sondern es bleiben einzelne kleine Stellen unverändert, und diese nehmen sich dann nachträglich in der verdickten Wandung wie Glasfensterchen in einem Wohnzimmer oder wie die durch dünne Glastafeln verschlossenen Schiffslufen in einer Kajütte aus. Dabei zeigt jener Teil der verdickten Wand, welcher

das Fensterchen unmittelbar umgibt, also gewissermaßen den Rahmen desselben bildet, häufig eine ganz eigentümliche Ausbildung. Es erhebt sich nämlich dieser Fensterrahmen als eine ringförmige Leiste und bildet schließlich einen in der Mitte durchlöcherten Schirm, der über das Fensterchen gewölbt ist (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1). Noch besser wäre dieses Gebilde, welches sich über das Fenster spannt, mit der Iris des Auges zu vergleichen, welche vor der Glaslinse ausgespannt ist. Auch von der gegenüberliegenden, der benachbarten Zellkammer zugewendeten Seite erhebt sich von dem Fensterrahmen eine solche Ringleiste, und es erscheint dann das Fensterchen auf beiden Seiten symmetrisch wie von Schirmen überwölbt, von welchen jeder in der Mitte eine runde Öffnung hat (Fig. 2). Stellt man sich vor, daß jemand aus der einen in die andre Kammer gelangen wollte, so müßte er zuerst das Pförtchen in dem einen Schirme passieren, würde dann in einen erweiterten Raum, den wir Hof nennen wollen, gelangen, müßte dann das im Mittelfelde etwas dickere, im übrigen äußerst zarte und dünne Fensterchen durchbrechen, käme



Verbindungen benachbarter Zellräume: 1. Hoftüpfel. — 2. Durchschnitt durch ein Hoftüpfel. — 3. Verbindung benachbarter Zellen in der Gefäßbündelscheide von Scolopendrium. — 4. Siebröhren. — 5. Zellgruppe aus dem Samen der Brechnuß; die Protoplasten der benachbarten Zellkammern durch feine Protoplasmafäden verbunden.

dann wieder in einen Hof und erst aus diesem durch das Pförtchen des gegenüberliegenden Schirmes in den Raum der angrenzenden Zellkammer. Von der Breitseite angesehen, erscheint der Umfang eines jeden Fensterchens, beziehentlich der Umfang der beiden Höfe gewöhnlich als eine Kreislinie, und die gegenüberliegenden Pförtchen in den Schirmen, welche genau auf das Zentrum dieses Kreises treffen, nehmen sich aus wie ein heller Punkt oder Tüpfel, welcher von der die Area des Hofes bezeichnenden Kreislinie eingefaßt wird. Man hat darum auch diese sonderbar beschirmten Fensterbildungen, welche in der geschilderten und in den Figuren 1 und 2 dargestellten Form besonders schön an Holzzellen zu sehen sind, gehöfte Tüpfel oder Hoftüpfel genannt.

Dort, wo sich solche Hoftüpfel ausgebildet haben, ist die Verdickung der Zellhaut eine verhältnismäßig schwache, und es dürfte der Rahmen der Fenster in der Zellwand die Fensterscheiben in seiner Dicke um nicht mehr als das Fünffache übertreffen. In andern Fällen dagegen wird die Zellhaut um das Zwanzig-, Dreißigfache dicker, als sie anfänglich war, und es wird dadurch der Innenraum der Zellkammer bedeutend beschränkt. Wenn aber die Zellwand allmählich auch hundertfach so dick wird, wie sie in der ersten Anlage war, niemals wird dort, wo einmal im Beginne die Verdickung ausgeblieben ist und sich ein Fensterchen ausgebildet hat, die Fensternische nachträglich mit Zellstoff ausgefüllt und zugemauert, sondern es wird dieselbe von dem bauenden Protoplasten stets sorgfältig offen

gehalten. Eine solche stark verdickte Wand könnte dann mit einer Festungsmauer verglichen werden, welche von engen, tiefen Fensterlichtungen durchsetzt ist. Stoßen zwei Zellkammern aneinander, deren dicke Wände mit derartigen tiefen und engen Fensterlichtungen versehen sind, so treffen regelmäßig auch die Fensterchen der einen auf jene der benachbarten Kammer, und es entstehen dann verhältnismäßig sehr lange Kanäle, welche durch die zwei aneinander liegenden dicken Zellwände hindurchgehen und die nachbarlichen Zellkammern verbinden (Fig. 3). In der Mitte ist ein solcher Kanal allerdings noch durch die ersten Zellhautanlagen wie durch eine Schleuse gesperrt, später aber kann auch diese zarte Schleuse durch Auflösung derselben geöffnet werden, und es stehen dann die nachbarlichen Zellen durch den Kanal in offener Verbindung.

Sehr häufig wird übrigens für eine solche offene Kommunikation zwischen benachbarten Zellen schon bei der ersten Anlage der als Scheidewand sich darstellenden Zellhaut gesorgt. Größere oder kleinere Abschnitte dieser Wand werden nämlich vom Anfange an siebförmig durchbrochen geformt, wie das in Fig. 4 in einem schematischen Bilde an Stücken röhrenförmiger Zellen, welche man Siebröhren genannt hat, zur Anschauung gebracht ist. Die Löcher sind an den durchbrochenen Wandstücken der Siebröhren dicht zusammengedrängt, sind verhältnismäßig weit und kurz, und wenn sich die beiden nachbarlichen Protoplasten durch diese Löcher die Hände reichen, d. h., wenn das Protoplasma der einen mit jenem der andern Zellkammer durch die Sieblöcher hindurch in Verbindung steht, so sind die Verbindungsstücke des Protoplasmas, welche die Löcher durchsetzen und sie ausfüllen, kurz und dick und von zapfenartigem oder pfropfenförmigem Ansehen.

In vielen andern Fällen wieder sind die Löcher, durch welche die benachbarten Zellkammern kommunizieren, sehr verlängert und stellen unendlich feine Kanäle dar, welche in größerer Zahl dicht nebeneinander die dicken Zellwandungen quer durchsetzen (Fig. 5). Durch diese Kanäle können die benachbarten Protoplasten gleichfalls mit einander in Verbindung treten oder vielleicht, besser gesagt, in Verbindung bleiben; denn es ist sehr wahrscheinlich, daß schon in der ersten Anlage der Scheidewand, welche in die Spalte eines in Teilung begriffenen Protoplasten eingelagert wird, winzige Löchelchen offen bleiben, welche von Verbindungssträngen der beiden auseinander rückenden Protoplasmahälften ausgefüllt sind. Und in dem Maße, als dann die Scheidewand, welche zwischen die beiden durch Teilung entstandenen Protoplasten eingelagert wurde, dicker und dicker wird, gestalten sich die Löchelchen zu feinen Kanälen und die Verbindungsstränge zu langen und äußerst zarten diese Kanäle erfüllenden Fäden. Ähnlich einem Dutzend Telegraphendrähten, welche aus einem Gelasse in ein andres durch eine dicke Mauer hindurchgezogen sind, spinnen sich dann diese Protoplasmafäden durch die verdickte Zellwand hindurch, ja häufig sind mehrere Protoplasten, welche neben- und übereinander wohnen, gegenseitig durch solche nach allen Richtungen hin ausstrahlende Fäden verkettet.

Diese Art der Verbindung, von welcher Fig. 5 ein anschauliches Bild zu geben im stande ist, war wegen der außerordentlichen Feinheit der Kanäle und der Zartheit der Verbindungsfäden den Beobachtern früherer Zeiten entgangen. Dagegen ist eine andre Art der Verbindung der Protoplasten benachbarter Zellen, nämlich jene, welche durch die Bildung sogenannter Gefäße ermöglicht wird, als ein recht auffälliger und schon bei geringer Vergrößerung zu beobachtender Vorgang längst bekannt und vielfach beschrieben. Unter Gefäß verstanden die ältern Botaniker Röhren oder Schläuche, welche dadurch entstehen, daß die Zwischenwände reihenweise geordneter Zellen aufgelöst werden. Entweder schwinden die Zwischenwände aus geradlinig aneinander gereihten Zellen, und es entstehen auf diese Weise langgestreckte, gerade Röhren, oder aber es werden Wandstücke von Zellen, die nach verschiedenen Richtungen aneinander schließen, aufgelöst, und es bilden sich dann Schläuche aus, die

sehr unregelmäßig verlaufen, sich auch verzweigen, ja selbst netzförmig verbinden können. Im erstern Falle werden die Seitenwandungen der Zellreihen, in welchen die Querwände verschwinden sollen, von den Protoplasten früher verdickt, versteift und mit verschiedenen Leisten und Getäfel, insbesondere auch mit Hoftüpfeln versehen. Nachdem diese Arbeit ausgeführt ist, verlassen dann die Protoplasten die von ihnen zugerichteten Röhren, welche von nun an als Wasser- oder Luftkanäle funktionieren und hierbei der unmittelbaren Gegenwart der Protoplasten nicht mehr bedürfen. Im letztern Falle dagegen zeigen die Seitenwandungen der zu Gefäßen vereinigten Zellen keine Verdickungen, sind zart und weich und haben das Ansehen geschmeidiger Schläuche. Diese Schläuche werden auch von den Protoplasten nicht verlassen, sondern nachdem die Vereinigung mehrerer Zellen zu einem Schlauche stattgefunden hat, verschmelzen sofort auch die Protoplasten der nachbarlichen Zellen, und der ganze Schlauch ist dann auch mit einer einzigen ununterbrochenen, meistens als Wandbeleg sich darstellenden Protoplasmamasse erfüllt.

So wie die Anlage und der Ausbau, ebenso ist auch das Wegräumen der Zellwände eine Arbeitsleistung des lebendigen Protoplasten. Die Behausung, welche er hergestellt hatte, kann von ihm auch wieder ganz oder teilweise demoliert werden. Dieses Demolieren aber wird zunächst durch Zuführung von Wasserteilchen zu den betreffenden Wandstücken eingeleitet. Diese werden in die Wand geschoben, die Wand geht dadurch in einen gallertartigen Zustand über, der Verband der Bausteinchen, aus welchen sich die Wand zusammensetzt, wird immer mehr gelockert und der Zusammenhang derselben schließlich ganz aufgehoben.

---

4. Verkehr der Protoplasten unter sich und mit der Außenwelt.

Inhalt: Die Übertragung von Reizen und die spezifische Konstitution des Protoplasmas. — Lebenskraft, Instinkt und Empfindung.

Die Übertragung von Reizen und die spezifische Konstitution des Protoplasmas.

Wie schon angedeutet, hat das Demolieren einzelner Wandstücke der Zellen sowie auch die Ausbildung der verschiedenen Fensterchen, Sieblöcher und feinen Kanäle in den verdickten Zellwandungen, welche Vorgänge im vorhergehenden geschildert wurden, für das Leben der Protoplasten wichtige Vorteile. Zunächst wird durch mehrere dieser Bildungen die Möglichkeit des Verkehres mit der Außenwelt erhalten. In einem von lückenlosen, dicken Wänden umschlossenen Raume würde die Aufnahme von Luft, Wasser und andern Rohstoffen aus der Umgebung sehr schwierig, wenn nicht unmöglich sein; es würde in demselben dem Protoplasten alsbald an dem zum weitern Ausbaue seiner Behausung benötigten Materiale fehlen, und er müßte schließlich verhungern, verdursten und ersticken. Durch die nur von dünnen, durchlässigen Membranen verschlossenen oder auch ganz offenen Fensterchen vermag er sich aber mit allem, was zu seines Leibes Notdurft gehört, zu versorgen. Ein andrer Vorteil wird durch mehrere dieser Bildungen insofern geboten, als die Protoplasten durch die offen gelassenen Pförtchen unter Umständen auch rasch auswandern, in andre Abteilungen der Zellengenossenschaft übersiedeln und sich dort noch weiterhin nützlich machen können. Endlich liegt wohl auch noch einer der wichtigsten Vorteile darin, daß durch die Verbindungskanäle hindurch ein wechselseitiger Verkehr der im gemeinsamen Haushalte wohnenden Protoplasten ermöglicht ist. Ein solcher Verkehr aber muß notwendig vorausgesetzt werden. Berücksichtigt man das einheitliche

Zusammenwirken der nachbarlich im geselligen Verbande lebenden Protoplasten, beobachtet man, wie die Nachbarn, obschon sie aus einem und demselben mütterlichen Zellenleibe entstanden sind, dennoch je nach ihrer Lage verschiedene Thätigkeiten entfalten, sieht man, wie überall die für das Ganze vorteilhafteste Arbeitsteilung stattfindet, so kann man sich des Gedankens nicht entschlagen, daß die so einheitlich arbeitende Genossenschaft auch eine einheitliche Organisation besitzt. Da müssen die einzelnen Glieder der Genossenschaft wohl auch miteinander in Fühlung bleiben, müssen sich untereinander verständigen, und es müssen Reize von einem zum andern Teile fortgepflanzt werden können. Nichts liegt aber dann näher, als anzunehmen, daß jene Protoplasmafäden, welche sich durch die feinen Poren und Kanäle der Zellwandungen wie Telegraphendrähte durch eine Mauer durchziehen (s. Abbildung, S. 42, Fig. 5), zur Fortpflanzung und Übertragung der Reize von einem zum andern Protoplasten dienen. Ja, man könnte diese Protoplasmafäden auch mit Nerven vergleichen, welche die Anregung zu einer bestimmten Thätigkeit von Zellenleib zu Zellenleib übertragen.

Die Phantasie führt uns dann auch noch weiter und läßt den Zellkern als das Zentralorgan des Zellenleibes erscheinen, welches nicht nur die Thätigkeit des einzelnen Protoplasten innerhalb der von ihm bewohnten Zellkammer leitet, sondern durch alle die in ihm zusammenlaufenden Fäden und Stränge auch mit den Nachbarn in Fühlung bleibt. Gerade diese letztere Auffassung gewinnt durch den Nachweis eine Stütze, daß die Fäden, durch welche benachbarte Protoplasten in Verbindung stehen, durch eigentümliche Umgestaltungen in der Substanz des Zellkernes selbst entstehen. Wenn nämlich ein Protoplast, welcher eine Zellkammer bewohnt, sich in zwei teilen will, so geht diese Teilung in der Weise vor sich, daß sich der Zellkern in die Mitte seiner Behausung stellt, und daß in seiner Substanz zunächst eigentümliche Linien und Streifen erkennbar werden, welche ihm das Aussehen geben, als bestünde er aus einem Ballen zusammengedrängter Stäbchen, Fäden und Schnüre. Diese Fäden nehmen allmählich eine Lage ein wie etwa die Meridiane auf einem Globus; dort aber, wo auf dem Globus der Äquator zu liegen kommen würde, findet dann plötzlich eine Zerklüftung des Kernes statt; es wird hier eine Scheidewand aus Zellstoff in die Kluft eingeschaltet, und aus der einen Kammer sind zwei Kammern entstanden. Auch aus dem Zellkerne, beziehungsweise aus dem Protoplasten, dessen Zentrum der Zellkern bildet, sind jetzt zwei Protoplasten geworden, deren jeder wieder seinen besondern Zellkern als Zentralorgan hat, und welche jetzt nebeneinander als Nachbarn in ihren Kammern weiterleben. Es ist nachgewiesen, daß bei diesem Teilungsvorgange die Masse des Zellkernes durch die sich einlagernde Zellwand nicht vollständig zerschnitten wird, sondern daß sich, wie schon früher erwähnt wurde, in dieser Zellstoffwand winzige Löchelchen offen erhalten, und daß die beiden benachbarten Protoplasten durch feine in diese Löchelchen eingelagerte Fädeu miteinander verbunden bleiben.

Wenn man nun festhält, daß jede Pflanze einmal nur ein einziges winziges Protoplasmaklümpchen war, indem der riesigste Baum gerade so wie das kleinste Moos seinen Ausgangspunkt in dem Protoplasma einer Eizelle oder einer Spore findet, und wenn man denkt, wie aus dieser sich vergrößernden ersten Zelle zunächst zwei Zellen, dann durch wiederholte Teilung vier, acht, sechzehn, zweiunddreißig und allmählich Tausende von Zellen entstehen, deren Zellenleiber aber sämtlich durch feine Protoplasmafäden verbunden bleiben, so gelangt man notwendig zu der Vorstellung, daß die Protoplasmamasse, welche in all den Tausenden zu einer Genossenschaft verbundener Zellen eines Baumes lebt, doch eigentlich nur eine einzige ist und bleibt und durch die siebartig durchbrochenen Scheidewände eigentlich nur in Fächer geteilt wird. Jedes Glied dieser Genossenschaft bewohnt ein besonderes Fach, eine besondere Kammer und wird von einem

Zentralorgane, dem Zellkerne, beherrscht, hängt aber durch die Verbindungsfäden mit den Genossen zusammen und ist durch diese Verbindungsfäden auch in den Stand gesetzt, sich mit seinen Genossen zu verständigen.

Die materielle Grundlage zu einer solchen Verständigung könnten wir uns auf diese Weise ziemlich klar vorstellen, aber der Vorgang der Verständigung selbst, die Art und Weise, wie die Zellkerne nicht nur in ihren engsten Kreisen regieren, sondern auch mit den Genossen zum Besten des Ganzen harmonisch zusammenwirken, ist äußerst schwierig zu erklären. Und dennoch ist gerade die Frage nach dieser gegenseitigen Verständigung der einzelnen Genossenschaftsglieder, dieses einheitliche gemeinsame Vorgehen zum Behufe einer planmäßigen Ausgestaltung des Ganzen eine so wichtige, daß wir dieselbe nicht umgehen dürfen, selbst dann nicht umgehen dürfen, wenn wir uns bei dem Versuche, sie zu beantworten, ganz und gar auf dem Boden von Hypothesen bewegen.

Auf alle Fälle müssen wir bei jedem derartigen Erklärungsversuche daran festhalten, daß die fragliche Verständigung sowie auch die infolge dieser Verständigung sich abspielenden Vorgänge der Ernährung, des Wachstumes und der Gliederung der ganzen Pflanze auf feinsten atomistischen Wirkungen in dem lebenden Protoplasma, auf Bewegung der kleinsten Teile, auf Anziehung und Abstoßung, auf Schwingungen und Verschiebungen der Atome und auf Umordnung jener Atomgruppen, welche man Moleküle nennt, zurückzuführen sind, und daß diese Bewegungen die Ergebnisse von Kräftewirkungen, insbesondere von Wirkungen der Schwerkraft, des Lichtes und der Wärme, darstellen. Da aber die Erfahrung zeigt, daß Schwere und Licht, wenn sie auch unter denselben Bedingungen auf das lebende Protoplasma wirken, in diesem dennoch verschiedene Erscheinungen veranlassen können, was später noch mehrfach zur Erörterung kommen wird, so ist diese Kräftewirkung jedenfalls nur als eine anregende und nichts weniger als eine zwingende, am allerwenigsten als eine die Gestalt bestimmende aufzufassen. Es ist für diese durch Schwere und Licht angeregten Vorgänge, zumal dann, wenn sie sich an dem zusammenhängenden Protoplasma einer größern Zellengenossenschaft abspielen, charakteristisch, daß sich gröbere, augenfällige Bewegungen sehr oft an Gliedern der Genossenschaft zeigen, welche verhältnismäßig weit von jenem Teile entfernt sind, auf welchen der Reiz unmittelbar eingewirkt hat. Wir können uns das wohl nicht anders vorstellen, als daß der Reiz, die Veranlassung zur Bewegung durch die Protosplamafäden von Atom zu Atom, von Zellkern zu Zellkern fortgepflanzt wird. Das große Rätsel liegt nun aber, wie schon bemerkt, darin, daß die atomistischen und molekularen Bewegungen, welche durch solche Reize angeregt und durch die Verbindungsfäden fortgepflanzt werden, nicht nur in dem Protoplasma der verschiedenen Pflanzenarten verschieden sind, sondern sich auch in derselben Pflanze, dem jeweiligen Bedürfnisse angepaßt, vollziehen, so daß von den benachbarten Protoplasten einer Genossenschaft jeder gerade dasjenige Geschäft übernimmt und ausführt, welches der ganzen Genossenschaft am meisten frommt, und daß die Gesamtleistung den Eindruck einer einheitlichen Leitung, den Eindruck einer zielbewußten, planmäßigen Arbeit macht.

Was das erstere anlangt, daß nämlich die in den Protoplasmen verschiedener Pflanzenarten durch den gleichen Reiz angeregten Vorgänge verschieden sind, und daß insbesondere die unter ganz gleichen äußern Bedingungen und unter dem Einflusse derselben Reize aus den Protoplasten verschiedener Eizellen hervorgehenden Zellgenossenschaften verschiedene Gestalten annehmen, so liegt es nahe, auf ähnliche Vorgänge in der unbelebten Welt hinzuweisen. Wenn der Stoß auf die Taste eines Klaviers auf eine A-Saite übertragen wird, so entsteht ein andrer Ton, als wenn derselbe Stoß eine Taste trifft, welche mit der F-Saite in Verbindung steht, und es hängt also die Verschiedenheit des Tones von dem verschiedenen Baue und der verschiedenen Spannung der Saite ab. Wenn man in

einem Glasgefäße die Lösung von Glaubersalz und in einem zweiten gleichen Glasgefäße die Lösung von unterschwefligsaurem Natron, welche beide wasserhell, farblos und durch den Gesichtssinn nicht zu unterscheiden sind, bei vollkommener Ruhe unter den Gefrierpunkt abkühlen läßt, so bleiben sie flüssig; sobald man aber die Glasgefäße anstößt und sich die Erschütterung auf die Flüssigkeit fortpflanzt, erstarren die dem Ansehen nach ganz gleichen Flüssigkeiten, es schießen Kristalle an, aber Kristalle verschiedener Art, in dem einen Gefäße Kristalle von Glaubersalz, in dem andern Gefäße Kristalle von unterschwefligsaurem Natron. Die verschiedene Gestalt des Glaubersalzes und des unterschwefligsauren Natrons hängt eben von der Art, der Zahl und der Gruppierung der Atome ab.

In ähnlicher Weise aber muß auch die Verschiedenheit der Gestalt mehrerer unter gleichen äußern Verhältnissen, unter dem Einflusse der gleichen Reize sich entwickelnder Pflanzenarten erklärt werden. In demselben Wassertropfen, dicht neben- und untereinander und zu gleicher Zeit entwickeln sich oft Dutzende verschiedener einzelliger mikroskopischer Diatomeen und Desmidiaceen. Obschon das Protoplasma in den Sporen dieser Arten durch unser Auge unter den besten Mikroskopen absolut nicht unterscheidbar ist, zeigen doch die ausgewachsenen Zellen eine Mannigfaltigkeit der Gestalt, die auf den Beobachter, welcher diese Dinge zum erstenmal sieht, geradezu verblüffend wirkt. Die eine Zelle hat die Gestalt eines Halbmondes, die andre jene einer cylindrischen, kurzen Büchse mit abgestumpften Enden, eine dritte zeigt die Form eines Sternes, eine vierte und fünfte die Form eines Täfelchens und einer Nadel; die Zellhaut der einen ist glatt, die der andern mit Perlen besetzt, jene hat sich mit einem Kieselpanzer versehen, während sich wieder eine andre mit einer schmiegsamen Umhüllung begnügt.

Nicht anders verhält es sich mit jenen Pflanzengestalten, welche, aus Milliarden von Zellen zusammengesetzt, zu mächtigen Sträuchern oder hohen Bäumen auswachsen. Das Protoplasma der Eizelle eines Oleanders und jenes der Eizelle eines Pappelbaumes entwickeln sich am Ufer desselben Baches dicht nebeneinander unter ganz denselben äußern Verhältnissen; die Zellen teilen sich, Scheidewände fügen sich ein, bei jeder Art in herkömmlicher Richtung nach einem von dem bauenden Protoplasten mit erstaunlicher Gewissenhaftigkeit eingehaltenen Bauplane, es entstehen Stengel und Zweige, Laubwerk und Blüten bei jeder Art stets von gleicher Form, von gleichem Zuschnitte, von gleicher Farbe, von gleichem Geruche, mit denselben Stoffen erfüllt. Wie himmelweit verschieden ist das ausgewachsene Blatt, die entfaltete Blume, die ausgereifte Frucht des Oleanders von jener des Pappelbaumes. Und dennoch nährte beide die gleiche Erde, es umgab sie dieselbe Luft, es traf sie derselbe Sonnenstrahl. Wir können uns das nicht anders erklären, als daß hier die verschiedene Gestalt des fertigen Gebildes in der Verschiedenheit des sich ausgestaltenden Protoplasmas ihren Grund hat, daß in dem für unsern Gesichtssinn allerdings nicht unterscheidbaren Protoplasma dennoch die Qualität, die Zahl und die Gruppierung der Atome und Moleküle in der ersten Pflanzenart eine andre ist als in der zweiten. Wir müssen konsequenterweise für jede besondere Pflanzengestalt, für jede Pflanzenart oder Spezies, welche beständig in derselben äußern fertigen Form erscheint und beständig nach dem gleichen Plane sich aufbaut, ein eigentümliches Protoplasma, eine spezifische Konstitution des Protoplasmas, voraussetzen; ja, wir müssen auch voraussetzen, daß diese spezifische Konstitution des Protoplasmas sich von Generation zu Generation vererbt, so daß das Protoplasma des Oleanders vor Jahrtausenden genau dieselbe Konstitution hatte, welche ihm auch heute noch zukommt, und endlich müssen wir voraussetzen, daß jedes eigenartige Protoplasma die Fähigkeit besitzt, aus den Rohstoffen der Umgebung immer wieder seinesgleichen zu erzeugen.

Lebenskraft, Instinkt und Empfindung.

Durch diese Annahme einer spezifischen Konstitution des Protoplasmas für jede besondere Pflanzengestalt, welche Annahme uns bei der Frage nach der Entstehung neuer Pflanzenarten noch lebhaft beschäftigen wird, können wir jedoch nur einen Teil der Erscheinungen, welche an dem lebendigen, wachsenden und sich in bestimmte Formen ausgestaltenden Protoplasma beobachtet werden, erklären. Was wir aber durch diese Annahme nicht zu erklären vermögen, das ist die passende Verteilung der Arbeiten unter die im geselligen Verbande wohnenden Protoplasten, die zweckmäßige Aufeinanderfolge verschiedener Leistungen in einem und demselben Protoplasma ohne Änderung der äußern Reize, das Ausnutzen äußerer Vorteile, das Abwehren nachteiliger Einflüsse, das Ausweichen und Umgehen von unbezwinglichen Widerständen, das Einhalten der Zeit bei allen Arbeitsleistungen, die unter ganz gleich bleibenden Verhältnissen der Umgebung mit größter Genauigkeit eintretende Periodizität und vor allem auch der Umstand, daß die Befähigung zu allen Leistungen, welche die Ernährung und das Wachstum, die Verjüngung und Vermehrung bilden, auch verloren gehen kann. Wir nennen das Verlorengehen dieser Befähigung Absterben des Protoplasmas. Dasselbe erfolgt nicht nur durch Eingriffe von außen, welche den Aufbau aus Molekülen so gründlich zerstören können, daß eine Rekonstruktion ganz und gar ausgeschlossen ist, sondern das Absterben erfolgt auch ohne äußere Veranlassung.

Wenn man die Zellen der schon oben (S. 37) erwähnten Blutalge, die mit jenen des Roten Schnees sehr nahe verwandt sind, den zeitweilig mit Regenwasser erfüllten Aushöhlungen der Steine entnimmt, wochenlang ausgetrocknet liegen läßt und sie wieder befeuchtet, so wirkt das befeuchtende Wasser sofort anregend, das Protoplasma wird beweglich, es bilden sich Schwärmsporen aus, diese strecken ihre schwingenden Wimpern vor, treiben sich eine kurze Zeit hindurch im Wasser herum, siedeln sich dann an einer geeigneten Stelle an, ziehen ihre Wimpern ein, kommen zur Ruhe, teilen sich; die Jungen werden wieder zu Schwärmern u. s. f. Man kann diese Blutalge auch Monate, ja über ein Jahr ganz ausgetrocknet liegen lassen, und doch zeigen ihre Zellen, in Wasser gebracht, immer wieder die eben erwähnten Bewegungen. Befeuchtet man aber die immer unter ganz gleichen Verhältnissen aufbewahrte Masse dieser Blutalge nach mehreren Jahren, so nehmen ihre kleinen Zellen zwar auch noch Wasser auf, aber es bilden sich keine Schwärmer mehr aus, die Zellen rühren sich nicht, vergrößern sich nicht, teilen sich nicht, werden allmählich mißfarbig, zerfallen und lösen sich auf. Wir sagen dann, es sei nicht mehr möglich gewesen, in ihnen das Leben zurückzurufen, sie seien abgestorben, seien tot.

Dasselbe beobachtet man an umfangreichen Zellengenossenschaften. Die Samen mehrerer Pflanzenarten bewahren durch unglaublich lange Zeiträume die Fähigkeit, zu keimen, zumal dann, wenn sie an trocknen Orten aufbewahrt werden. Überträgt man solche Samen nach zehn Jahren von der Stelle, wo sie aufbewahrt wurden, in feuchte Erde, so beginnt in der Mehrzahl derselben das Protoplasma sich zu regen und zu bewegen, es wächst aus jedem Samen der Embryo zur Keimpflanze aus. Nach zwanzig Jahren kommen vielleicht von hundert aufbewahrten Samen nur noch fünf zum Keimen, die andern werden durch den Reiz der feuchten Erde nicht mehr zur weitern Entwickelung angeregt, ihr Protoplasma hat nicht mehr die Fähigkeit, durch Aufnahme von Stoffen aus der Umgebung seinen Umfang zu vergrößern und sich in bestimmter Form auszugestalten, sondern dasselbe wird durch den Einfluß von Wasser und Luft zersetzt und zerfällt in einfachere Verbindungen. Nach dreißig Jahren keimt dann keiner der Samen mehr. Und dennoch wurden alle diese Samen die ganze Zeit über an dem gleichen Orte, unter ganz gleichen äußern Verhältnissen aufbewahrt, und es ist auch an ihrem Ansehen nicht die geringste Veränderung wahrzunehmen. Die Gärtner sagen: die Keimkraft erlösche in zwanzig bis

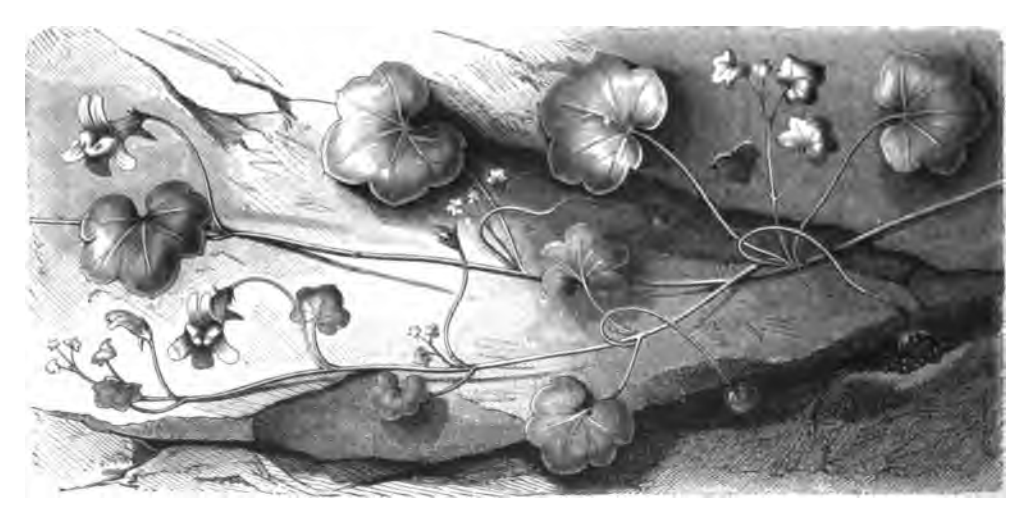
dreißig Jahren. Was ist das aber für eine Kraft, welche erlöschen kann, ohne daß diesem Erlöschen eine materielle Veränderung der betreffenden Substanz zu Grunde liegt? In früherer Zeit hatte man eine besondere Kraft, die Lebenskraft, angenommen. Später, als es gelungen war, manche Erscheinungen an der lebenden Pflanze auf einfache chemische und mechanische Arbeiten derselben zurückzuführen, wurde diese Lebenskraft bespöttelt und aus der Reihe der Naturkräfte gestrichen. Wie aber sollen wir nun jene Naturkraft nennen, welche auch ohne materielle Veränderung des Protoplasmas und ohne äußern Anlaß erlöschen kann, jene Naturkraft, welche, wenn sie nicht erloschen ist, das Protoplasma veranlaßt, sich nach Bedürfnis zu bewegen und umzulagern, neue Stoffteilchen in seinen Wirkungskreis aufzunehmen und andre auszuscheiden, jene Naturkraft, welche, wenn sie als lebendige Kraft wirkt, das durch äußere Reize angeregte Protoplasma seine Bewegungen den jeweiligen Verhältnissen in der zweckmäßigsten Weise anpassen läßt?

Es ist nicht Elektrizität, es ist nicht magnetische Kraft; diese Kraft ist überhaupt mit den andern Naturkräften nicht identisch, denn sie zeigt eine Reihe eigentümlicher Wirkungen, welche allen andern Naturkräften abgehen. Ich nehme nun keinen Anstand, *diese mit den andern nicht zu identifizierende Naturkraft, deren unmittelbares Angriffsobjekt das Protoplasma ist, und deren eigentümliche Wirkungen wir das Leben nennen, wieder als Lebenskraft zu bezeichnen.* Die Atome und Moleküle des Protoplasmas führen jene Arbeiten, welche das Leben bilden, nur so lange aus, als sie unter der Botmäßigkeit dieser Lebenskraft stehen. Hört diese Botmäßigkeit auf, so unterliegen sie den Wirkungen andrer Kräfte. Die Annahme einer solchen besondern Naturkraft schließt selbstverständlich nicht aus, daß lebende Körper gleichzeitig auch unter der Herrschaft der andern Naturkräfte stehen können. Viele Erscheinungen an lebenden Pflanzen lassen sich ja, wie schon wiederholt bemerkt, ohne Heranziehung einer besondern Lebenskraft als einfache chemische und mechanische Arbeiten auffassen; aber die Wirkungen dieser andern Kräfte werden auch an leblosen Körpern und zwar in derselben Weise wie an den lebenden beobachtet, was von den Wirkungen der Lebenskraft nicht gesagt werden kann.

Wenn man jene Wirkungen der Lebenskraft, welche sich in Bewegungen äußern, die für den ganzen Organismus die zweckmäßigsten und vorteilhaftesten sind, als instinktive bezeichnen wollte, so wäre auch dagegen nichts einzuwenden. Was ist denn Instinkt andres als eine unbewußt zweckmäßige Arbeitsleistung des lebenden Organismus? Dann aber *haben auch die Pflanzen Instinkt*, und jede Schwärmspore, welche zur Ansiedelung den zweckmäßigsten Platz aufsucht, jeder Pollenschlauch, welcher durch die Höhlung des Ovariums zu einer der Samenknospen hinabwächst, sich dort an einer ganz genau bestimmten Stelle anschmiegt und dabei niemals das Ziel verfehlt, jeder Stock eines Wasserranunkels, der seine Blätter bei hohem Wasserstande mit fein gespaltenen Zipfeln, weiten Lufthöhlen und ohne Spaltöffnungen, bei gesunkenem Wasserstande auf dem Schlammboden dagegen mit breiten Lappen, engen Intercellulargängen und reichlichen Spaltöffnungen ausbildet, die über die Terrassen von Steinen hinkriechende Linaria Cymbalaria (s. Abbildung, S. 50), deren blütentragende Stiele sich von der Steinwand weg gegen das Licht richten, alsbald aber, nachdem die Befruchtung stattgefunden hat, an gleicher Stelle unter ungeänderten äußern Verhältnissen dieselben Stiele in die entgegengesetzte Richtung krümmen, um die Samen in eine dunkle Steinritze legen zu können, der Blütenstiel der Vallisneria, welcher sich sofort schraubenförmig zusammenringelt und die von ihm früher zur Wasseroberfläche emporgehobene Blüte wieder zum Grunde des Wassers hinabzieht, nachdem die Narben dieser Blüten über Wasser mit Blütenstaub belegt worden sind, sie alle handeln unbewußt zweckmäßig, handeln aus Instinkt.

Wenn wir aber den lebenden Pflanzen Instinkt vindizieren, so ist es nur eine weitere Konsequenz, *ihnen auch Empfindung zuzusprechen.* Wenn ein Tier empfindet, so wird

dabei ein Reiz, der auf die Sinnesorgane einwirkt, durch die Nerven auf das Zentralorgan übertragen, und es werden Nerven und Gehirn in einen Reizungszustand versetzt. Die Fortpflanzung des Reizes und die Erregung in Nerven und Gehirn kann aber nur in molekularen Bewegungen der Nervensubstanz bestehen, oder sagen wir, in molekularen Bewegungen von Protoplasma, da ja die Nervenfasern und Nervenzellen doch nichts andres sind als in bestimmten Formen ausgestaltetes Protoplasma. Die Zustände, welche durch die Reizung des Protoplasmas hervorgerufen werden, und welche eben die Empfindung ausmachen, können aber im pflanzlichen Protoplasma nicht wesentlich anders sein als im tierischen Protoplasma, da ja das Protoplasma, die materielle Grundlage des Lebens in Tier und Pflanze, nicht verschieden ist. In der einzelnen Pflanzenzelle mag es sogar zu einer Konzentration des Reizungszustandes, welchen wir Empfindung nennen, kommen, da der Zellkern ganz und gar den Eindruck eines Zentralorganes innerhalb des die Einzel-



Linaria Cymbalaria, den Samen in Felsenritzen legend. Vgl. Text, S. 49.

zelle bewohnenden Protoplasten macht. An eine Konzentration des Reizungszustandes innerhalb eines ganzen Pflanzenstockes, innerhalb der Gesamtheit der im geselligen Verbande lebenden Protoplasten eines Pflanzenindividuums, wie solche bei jenen Tierindividuen vorkommt, deren Nervenfasern alle im Gehirne zusammenlaufen, ist freilich nicht zu denken: zwischen der Empfindung solcher Tiere, welchen die Nerven fehlen, und der Empfindung der Pflanzen kann aber ein wesentlicher Unterschied nicht bestehen.

Damit ist ausgesprochen, daß eine Scheidewand zwischen Pflanzen und Tieren nicht besteht. Es ist ein vergebliches Bemühen, die Grenzlinie festzustellen, an der die Pflanzenwelt aufhört und die Tierwelt anfängt. Wenn wir Naturforscher nichtsdestoweniger Pflanzen und Tiere getrennt besprechen, so geschieht das wohl nur im Hinblicke auf die Erfahrung, daß man durch Teilung der Arbeit am raschesten zum Ziele gelangt. Auf dem Mittelfelde, wo Tiere und Pflanzen zusammenfließen, werden sich auch Zoologen und Botaniker notwendig begegnen, aber nicht als streitende Parteien um den ausschließlichen Besitz dieses Gebietes, sondern als friedliche Arbeiter, welche dieses Mittelfeld gemeinsam und einträchtig pflegen und bebauen.

II. Aufnahme der Nahrung.

1. Einleitung.

Inhalt: Einteilung der Pflanzen mit Rücksicht auf die Nahrungsaufnahme. — Theorie der Nahrungsaufnahme.

Einteilung der Pflanzen mit Rücksicht auf die Nahrungsaufnahme.

Das nächstliegende Ziel der Lebensthätigkeit der Pflanze ist neben der Abwehr aller Einflüsse, welche eine Tötung des Protoplasmas herbeiführen könnten, die Vergrößerung des Leibes, die Zunahme der Körperlichkeit an Substanz, die Aufnahme der Nahrung. Die lebendige Pflanze, ob sie nun aus einer einzigen Zelle oder aus einer umfangreichen Zellengenossenschaft besteht, entnimmt ihrer Umgebung die Nahrung in einer dem jeweiligen Bedürfnisse entsprechenden Menge. Die Art und Weise aber, wie sie es anfängt, sich in den Besitz dieses Rohmateriales zu setzen, wie sie darangeht, die von außen aufgenommenen Stoffe sich einzuverleiben, wie sie es macht, um nur dasjenige behalten zu müssen, was ihr gerade nützlich ist, dagegen alles, was nicht zur Vergrößerung des eignen Leibes verwendet werden kann, wieder zu entlassen und als Ballast auszuscheiden, ist eine unendlich mannigfaltige. Es richtet sich diese Mannigfaltigkeit der Vorgänge bei der Nahrungsaufnahme einerseits nach der Verschiedenheit der Standorte der Pflanze, anderseits nach dem Bedürfnisse der einzelnen Arten, welches Bedürfnis wieder von der spezifischen Konstitution des Protoplasmas der betreffenden Art abhängt. Wie anders muß sich dieser Vorgang bei jenen Pflanzen gestalten, die zeitlebens ganz und gar von Wasser umspült werden, im Vergleiche zu denjenigen, welche auf dem Sande der Wüste monatelang jeder Wasserzufuhr entbehren; wie verschieden muß die Nahrungsaufnahme jener Pilze sein, welche im tiefen Dunkel eines Bergstollens auf feuchten Holzbalken wuchern, im Vergleiche zu den zierlichen Alpenpflanzen, die auf den Gipfeln unsrer Berge zeitweilig dem intensivsten Sonnenlichte ausgesetzt, dann wieder wochenlang von düstern Nebeln umwallt sind; wie eigentümlich muß die Wechselwirkung zwischen der Pflanze und ihrer Umgebung bei den Schmarotzergewächsen sein, die ihre Nahrung aus andern lebenden Organismen saugen, dann wieder bei jenen merkwürdigen Gewächsen, welche kleine Insekten fangen und verzehren, ferner bei jenen winzigen Geschöpfen, welche als Hefe, Essigmutter und dergleichen in unserm Haushalte eine so wichtige Rolle spielen, und endlich bei jenen Baumriesen, die, zu mächtigen Beständen vereinigt, unsre Wälder bilden!

Um doch einigermaßen eine Übersicht über diese in betreff der Nahrungsaufnahme so abwechselungsreichen Formen zu gewinnen, empfiehlt es sich, dieselben zunächst mit Rücksicht

auf ihren Standort in Gruppen zusammenzustellen und in den vier Abteilungen: Wasserpflanzen, Steinpflanzen, Erdpflanzen und Überpflanzen, unterzubringen, wozu freilich gleich auch die Bemerkung beigesetzt werden muß, daß eine scharfe Grenze zwischen diesen Gruppen nicht besteht, daß alle wieder durch zahlreiche Mittelstufen wechselweise verkettet sind, und daß es Pflanzenformen gibt, welche in dem einen Entwickelungsstadium dieser, in einem andern jener Gruppe angehören.

Was zunächst die Wasserpflanzen anlangt, so entnehmen diese ihre Nahrung ausschließlich oder zum größten Teile dem sie umspülenden Wasser. Einige erhalten sich frei schwebend oder schwimmend in der Flüssigkeit, die meisten aber sind mittels eigner Haftorgane irgendwo unter Wasser fixiert. Manche am Grunde der Wasseransammlungen im Schlamme wurzelnde Gewächse vermögen bei hohem Wasserstande ihre Nahrung aus dem Wasser, bei niederm Wasserstande aber auch teilweise der Atmosphäre zu entnehmen, und es bilden diese amphibischen Gewächse den Übergang von den Wasserpflanzen zu den Erdpflanzen. Die Zahl der Steinpflanzen ist eine vergleichsweise sehr geringe. Es sind hierher jene Flechten und Moose zu zählen, welche unmittelbar der Oberfläche der Gesteine anhaften, und denen die flüssige Nahrung direkt aus der Atmosphäre zugeführt wird. Alle Steinpflanzen sind darauf eingerichtet, daß sie bei länger dauerndem Ausbleiben atmosphärischer Niederschläge und bei sehr trockner Luft ohne Nachteil ganz ausdorren und ihre Lebensthätigkeit zeitweilig unterbrechen können. Nicht alle an Felswänden wachsenden Pflanzen sind übrigens als Steinpflanzen im engern Sinne aufzufassen. Diejenigen, welche in der die Klüfte, Risse und Spalten des Gesteines erfüllenden Erde wurzeln, sind als Erdpflanzen zu bezeichnen. Zu den Erdpflanzen gehört wohl mehr als die Hälfte der jetzt lebenden Gewächse. Sie werden zum Teile von der Luft umspült, sind aber mit einem Teile ihres Körpers in das Erdreich eingesenkt und entnehmen diesem Wasser und in Wasser gelöste mineralische Verbindungen. Pflanzen, welche auf andern Pflanzen oder auf Tieren aufsitzend wachsen, bezeichnet man als Überpflanzen.

Mit Rücksicht auf die Qualität der Nahrung kann man diejenigen Gewächse unterscheiden, welche aus der Umgebung nur unorganische Stoffe, Gase, Wasser und mineralische Salze, aufnehmen, weiterhin die Verwesungspflanzen, welche von den bei der Zersetzung abgestorbener Pflanzen und Tiere sich bildenden organischen Verbindungen leben, und endlich die Schmarotzer, welche ihre Nahrung lebenden Pflanzen und Tieren entziehen.

Die Mehrzahl der Gewächse ist zur Zeit der Nahrungsaufnahme an den Nährboden gebunden und einer Ortsveränderung nicht fähig; der an einer Stelle fixierte Pflanzenstock muß unter diesen Verhältnissen die Umgebung früher oder später erschöpfen, und es muß für einen weitern Zufluß von nährenden Substanzen gesorgt sein. Häufig verlängern sich auch die zur Aufnahme der Nahrung bestimmten Teile der Pflanze über das ausgesaugte Gebiet hinaus und suchen so immer weitere Regionen in den Bereich ihres Nährbodens einzubeziehen und aufzuschließen. Manche Gewächse wissen, wie schon oben bemerkt, Tiere anzulocken, um diese zu töten und auszusaugen. Unter den Verwesungs- und Schmarotzerpflanzen, aber auch unter den Wasserpflanzen finden sich solche, welche zum Behufe der Nahrungsaufnahme bestimmte Bewegungen mit der ganzen Masse ihres Körpers ausführen. Besonders auffallend sind in dieser Beziehung mehrere Schleimpilze, die überdies auch insofern hier erwähnt zu werden verdienen, weil sie die Nahrung nicht durch Vermittelung einer den Protoplasmaleib umgebenden Zellhaut aufnehmen. Das nackte Protoplasma, zumal jenes der Amöben, gleitet beim Suchen nach Nahrung über den Nährboden hin und entzieht diesem unvermittelt diejenigen Stoffe, deren es zur Vergrößerung seines Leibes bedarf. Lose Körper können dabei von den Fortsätzen

des sich streckenden und gleichsam ausstrahlenden Protoplasmas erfaßt, umklammert und schließlich ganz eingehüllt und ausgesaugt werden (s. Abbildung, S. 30, letzte Figur rechts). Sind die vom Protoplasma umflossenen Körper klein, so werden sie von der Peripherie nach innen gezogen und dort förmlich verdaut. Was von dem fremden Körper nicht als Nahrung verwendbar ist, wird nachträglich wieder ausgestoßen oder von dem weiterkriechenden Protoplasten zurückgelassen. Diese Art der Nahrungsaufnahme ist aber nur auf jene amöboiden Formen beschränkt, welche dem Grenzgebiete von Tier- und Pflanzenwelt angehören. Die Bewegungen der andern nackten Protoplasten, zumal jener, welche mittels schwingender Wimpern durch das Wasser wirbeln, hat mit dem Aufsuchen und der Aufnahme der Nahrung nichts zu schaffen, sondern steht mit der Fortpflanzung und Vermehrung im innigsten Zusammenhange.

Theorie der Nahrungsaufnahme.

In allen jenen Fällen, in welchen die lebenden ernährungsbedürftigen Protoplasten sich mit einer Zellhaut umgeben haben, muß die Nahrung von außen her durch die Zellhaut und die Hautschicht des Protoplasmas hindurch in das Innere des Zellenleibes aufgenommen werden, so wie anderseits wieder jene aufgenommenen Substanzen, welche zur Vergrößerung des Leibes nicht beitragen und überhaupt keine weitere Verwendung finden können, auf demselben Wege wieder entlassen und ausgeschieden werden. Es muß daher die Zellhaut jener Protoplasten, welche mit der Nahrungsaufnahme beschäftigt sind, einen entsprechenden Bau zeigen, und es müssen die kleinsten Teile derselben so geordnet sein, daß, unbeschadet ihrer Festigkeit, ein Durchgang sowohl der aufzunehmenden Nahrung als auch der auszuscheidenden Stoffe möglich ist. Diese Durchlässe in der Zellwand sind jedenfalls noch viel enger als jene früher geschilderten feinen Porenkanäle, in welchen ungemein zarte Protoplasmastränge eingelagert sind, und sie haben so geringe Dimensionen, daß sie selbst mit den besten Mikroskopen noch nicht gesehen werden konnten. Dennoch muß man aus einer Reihe von Erscheinungen auf ihr Vorhandensein zurückschließen und muß annehmen, daß die Zellhaut sowie überhaupt jeder Körper nicht aus einer ununterbrochenen Substanz, sondern aus kleinsten Teilchen besteht, welche man Atome nennt, und welche durch unendlich kleine Zwischenräume voneinander getrennt sind. Physiker und Chemiker haben aus verschiedenen Vorgängen und Erscheinungen auch den Schluß gezogen, daß diese Atome nicht ein regelloses Haufwerk bilden, sondern in allen Fällen, selbst dann, wenn sämtliche Atome eines Körpers der gleichen Art, demselben Elemente angehören, zu zwei oder mehreren gruppenweise vereinigt sind. Enthält ein Körper verschiedene Elemente, so sind in demselben die ungleichartigen Atome auch nicht regellos gemengt, sondern gesetzmäßig gruppiert; in jeder Gruppe finden sich Atome der verschiedenen Elemente und zwar sowohl der Zahl als auch der Lage nach auf das genaueste und bestimmteste geordnet. Man nennt derartige Atomgruppen Moleküle und stellt sich vor, daß die Durchlässe zwischen diesen Molekülen wieder größer sind als die Durchlässe zwischen den einzelnen Atomen. Es ist übrigens nicht unwahrscheinlich, daß auch die Moleküle wieder Gruppen bilden und zwar so, daß die zu einer Gruppe gehörigen Moleküle in Reih' und Glied nach einer bestimmten Regel zusammengedrängt sind, und daß die Durchlässe zwischen solchen Molekülgruppen wieder größer sind als die Durchlässe einzelner Moleküle innerhalb jeder Molekülgruppe. Diese Molekülgruppen wurden Tagmen oder auch Micellen benannt, und man denkt sich dieselben wieder in bestimmter Ordnung zusammengeschichtet.

Die Zellhaut würde nach dieser Vorstellung einem Siebe vergleichbar sein, in welchem die Durchlässe bestimmte Gruppierungen zeigen: Zunächst die weitesten Durchlässe zwischen den

Micellen oder Molekülgruppen, dann innerhalb einer jeden Micelle engere Durchlässe zwischen den Molekülen oder Atomgruppen und endlich die feinsten Durchlässe innerhalb jedes Moleküls zwischen den Atomen selbst. Diese Durchlässe können verengert und erweitert werden, indem auf den Verband der Moleküle zwei Kräfte einwirken, von welchen die eine sich als gegenseitige Anziehung der Atome und Atomgesellschaften äußert, während die andre die Atome und Moleküle auseinander treibt. Die erstere dieser Kräfte, die allen Stoffteilchen innewohnende Anziehungskraft, wird chemische Verwandtschaft genannt, wenn sich durch sie Atome verschiedener Art zu einem Moleküle verbinden; sie heißt dagegen Kohäsion, wenn sich gleiche Moleküle untereinander festhalten, und Adhäsion, wenn Massen von Molekülgruppen bei Berührung ihrer Oberflächen einander festhalten. Dieser Anziehungskraft im kleinsten Raume wirkt nun die Wärme entgegen, welche alle Körper ausdehnt und die Atome, Moleküle und Micellen auseinander rücken läßt. Man denkt sich die Wärme als schwingende Bewegung der genannten kleinsten Teilchen und stellt sich vor, daß mit größern Schwingungen ein Auseinanderrücken der Atome und Atomgruppen, eine Erweiterung der Durchlässe und eine Zunahme des Umfanges des erwärmten Körpers verbunden sei. Die Entfernung der Moleküle und Atome und die Vergrößerung des Körpers durch zunehmende Erwärmung kann bekanntlich so weit gehen, daß die Kohäsion ganz überwunden wird, und daß feste Körper in tropfbarflüssige und diese endlich in gasförmige übergehen.

In die Zwischenräume, beziehungsweise Durchlässe, welche zwischen den die Zellhaut bildenden Molekülen und Molekülgruppen bestehen, können Moleküle andrer Stoffe von außen eindringen, allerdings nur unter zwei Voraussetzungen: nämlich nur dann, wenn die einzulassenden Moleküle nicht größer sind als die Durchlässe, und nur für den Fall, daß zwischen den Molekülen der Zellwand und jenen des einzulassenden Körpers jene Anziehungskraft besteht, welche man als chemische Verwandtschaft bezeichnet. Beide Voraussetzungen treffen für die Moleküle des Wassers zu, und es werden diese auch erfahrungsgemäß in die intermolekularen Räume der Zellhaut sehr leicht und gern eingelassen. Die Zellhaut tränkt sich mit Wasser, oder, wie der technische Ausdruck lautet, sie hat die Fähigkeit und das Bestreben, Wasser zu imbibieren. Die Anziehungskraft der Moleküle der Zellhaut zu jenen des Wassers ist sogar so lebhaft, daß dadurch die Kohäsionskraft der Zellhautmoleküle teilweise überwunden wird, und daß diese durch das imbibierte Wasser auseinander gerückt werden. Die Zellhaut quillt infolgedessen auf und nimmt an Umfang zu.

Man stellt sich auch vor, daß die Micellen oder Molekülgruppen der Zellhaut so viel Wassermoleküle anziehen und zwischen sich aufnehmen, daß sie wie mit Wasserhüllen umgeben sind. Ein solches Verhältnis wird für den Austausch von Stoffen durch die Zellhaut hindurch gewiß nur vorteilhaft sein, und es wird dadurch die Mischung flüssiger Substanzen, welche sich dies- und jenseit der porösen Membran befinden, wesentlich befördert werden. Diese Mischung muß jedenfalls innerhalb der Zwischenräume in der Zellhaut erfolgen, und in dem speziellen Falle, welcher diese Erörterung veranlaßt, nämlich bei der Nahrungsaufnahme, sind die aufeinander wirkenden Stoffe einerseits die Verbindungen im Nährboden außerhalb der Zellhaut, anderseits die organischen Verbindungen im Bereiche des lebendigen Protoplasten innerhalb der Zellhaut. Sowohl die eintretenden als die austretenden Stoffe müssen im Wasser löslich sein und daher eine Anziehung zum Wasser haben. Welche der im Wasser außerhalb und innerhalb der Zellhaut gelösten Stoffe durch die mit Wasser gefüllten Durchlässe passieren können und ausgetauscht werden, hängt aber gewiß auch noch von dem Grade der chemischen Verwandtschaft sowie von der Adhäsion ab, welche zwischen den Zellhautmolekülen und Zellhautmicellen einerseits und diesen wandernden Stoffen anderseits besteht, und es ergibt sich da ein sehr kompliziertes Wechselspiel von Kräften, auf welches aber hier weiter einzugehen viel zu weit führen würde.

Mit Rücksicht auf die Erklärung der Nahrungsaufnahme muß nur noch erwähnt werden, daß die Mischung oder Diffusion, welche durch die Zellhaut hindurch erfolgt, eine andre ist als die freie Diffusion, welche ohne Einschaltung der Zellhaut stattfinden würde. Es ist durch Versuche festgestellt worden, daß dann, wenn die eine Seite einer Zellhaut von Salzlösung, die andre Seite von einem gleichen Volumen reinen Wassers genetzt wird, viel weniger Salzteilchen zum Wasser als Wasserteilchen zur Salzlösung übergehen; ja sogar, daß, wenn auf der einen Seite eine organische Verbindung, namentlich Eiweiß, Dextrin &c., auf der andern Seite aber Wasser sich befindet, zwar Wasser zu der organischen Verbindung übergeht, aber von dem Eiweiße oder dem Dextrine nicht die geringste Menge zum Wasser hinwandert. Diese Erscheinung, welche Osmose (Endosmose und Exosmose) genannt wurde, ist nun für die Vorstellung, welche man sich von der Nahrungsaufnahme zu machen hat, sehr wichtig. Es ist klar, daß zwar durch Vermittelung der eiweißartigen und andern Verbindungen, aus welchen der Zellenleib des Protoplasten besteht, sowie auch durch Vermittelung jener Salze, welche sich in der Leibeshöhle des Protoplasten im sogenannten Zellsafte gelöst finden, Wasser und in Wasser gelöste Stoffe durch die Zellhaut hindurch ins Innere der Zelle unter die Herrschaft des Protoplasten gelangen, daß aber anderseits keine Spur des Zellinhaltes durch die Zellhaut hindurch nach außen abgegeben zu werden braucht. Auf diese Art kann das Protoplasma eine saugende Wirkung auf die außerhalb der Zellhaut befindlichen wässerigen Lösungen ausüben und so viel und so lange davon an sich saugen, bis die Zelle damit erfüllt ist; ja, es kann sogar die chemische Verwandtschaft, welche die Stoffe im Innern der Zelle zum Wasser haben, eine so reichliche Wasseraufnahme herbeiführen, daß dadurch der Umfang des Zellinnern vergrößert und von innen her ein Druck auf die Zellhaut ausgeübt wird. Die Zellhaut vermag diesem Drucke auch nachzugeben, soweit es nämlich ihre Elastizität gestattet. Aber einer zu weit gehenden Ausdehnung der Zellhaut werden wieder durch die Kohäsion derselben Schranken gesetzt, und so kommt es schließlich dahin, daß Zellinhalt und Zellhaut sich unter einem gegenseitigen Drucke befinden, den man Quellung oder Turgor genannt hat.

Der hier zuletzt geschilderte Vorgang der reichlichen Aufsaugung von Wasser in dem Bereiche des Zellenleibes ohne gleichzeitige Abgabe von Stoffen nach außen, welcher Vorgang ja nichts weniger als ein Austausch ist, schließt selbstverständlich nicht aus, daß auch ein wirklicher Austausch der außer- und innerhalb der Zellhaut befindlichen Stoffe, namentlich zwischen den Lösungen, welche sich außerhalb der Zellhaut in dem Nährboden, und den Lösungen, welche sich in der Leibeshöhle des Protoplasten im Zellsafte befinden, vor sich geht. Gewisse Erscheinungen stellen es sogar außer Zweifel, daß unter Umständen auch ein solcher Austausch wirklich stattfindet. Derselbe wird aber dadurch sehr verwickelt, daß die auf dem Tauschwege befindlichen Stoffe nicht nur die Zellhaut, sondern überdies auch noch das Wandprotoplasma passieren müssen, welch letzteres im Vergleiche zu der Zellhaut jedenfalls aus Molekülen andrer Art und mit andrer chemischer Verwandtschaft besteht, auch eine andre Gruppierung dieser Moleküle und andre Durchlässe für die wässerigen Lösungen besitzt; was alles für die durchzulassenden auf dem Tauschwege befindlichen Stoffe nicht ohne Bedeutung sein kann.

Obgleich alle diese Vorstellungen von dem molekularen Baue der Zellhaut und des Protoplasmas, von der Mischung und dem Austausche der Stoffe, von der Saugung und Quellung der Zellen nur als theoretische gelten können, so haben wir doch guten Grund, anzunehmen, daß sie der Wahrheit ziemlich nahe kommen. Wenigstens gelangt man durch sie zu einem anschaulichen Bilde der Wechselwirkung, die zwischen dem nahrungsbedürftigen lebendigen Protoplasten und seiner die Nahrung liefernden Umgebung stattfindet.

---

2. Aufnahme unorganischer Stoffe.

Inhalt: Nährgase. — Nährsalze. — Aufnahme der Nährsalze durch Wasserpflanzen, Steinpflanzen und Erdpflanzen. — Beziehungen zwischen der Lage der Laubblätter und der Saugwurzeln.

Nährgase.

Eins der wichtigsten Nahrungsmittel der Pflanze ist die Kohlensäure. Die lebendigen Protoplasten gewinnen dieselbe aus dem Wasser und der Luft, aus letzterer insbesondere durch Anziehung des Kohlendioxyds[1]. Dieses geht leichter als andre Gase, namentlich leichter als die andern Bestandteile der atmosphärischen Luft (Stickstoff und Sauerstoff), durch die mit Wasser getränkte Zellwand hindurch, wird hier zu Kohlensäure und gelangt weiterhin in die Leibeshöhle des Protoplasten, in den Zellsaft. Die Menge der aufgenommenen Kohlensäure richtet sich, abgesehen von Luftdruck und Temperatur, vorzüglich nach dem Bedürfnisse der sich ernährenden Zelle. Dieses aber ist ein sehr verschiedenes je nach der spezifischen Konstitution des Protoplasmas und je nach der Tageszeit. Im Tageslichte ist das Bedürfnis aller grünen Pflanzen nach Kohlenstoff sehr groß; die kaum in den Zellsaft gelangte Kohlensäure wird sofort zersetzt, sie wird durch das Sonnenlicht reduziert, und es werden sogenannte Kohlenhydrate aus ihr gebildet. Der frei gewordene Sauerstoff aber wird aus dem Bereiche der Zelle wieder entfernt und in die umgebende Luft oder das umgebende Wasser ausgeschieden. Da durch dieses Zurückhalten des Kohlenstoffes und die Ausscheidung von Sauerstoff das kaum angesaugte Gas als solches dem Zellsafte wieder entzogen wird, so erfolgt eine neue Anziehung von Kohlendioxyd aus der Umgebung. Aber auch diese neue Menge wird sofort wieder in der oben geschilderten Weise von dem Protoplasten in den grünen Chlorophyllkörpern verarbeitet, und so entsteht ein unausgesetzter Strom von Kohlendioxyd, beziehungsweise von Kohlensäure aus der Umgebung in das Innere der grünen Zelle nach der Stelle des Verbrauches. Wäre es möglich, die Moleküle des Kohlendioxyds in der Luft zu sehen, so würde man beobachten können, wie dieselben rascher als die andern Bestandteile der Luft auf die grünen Blätter und andern grünen Pflanzenteile, in welchen ein so lebhafter Bedarf an Kohlenstoff herrscht, förmlich zustürzen. Dieses Zustürzen und Zuströmen dauert so lange, als eben das Tageslicht auf die grünen Zellen Einfluß nimmt. Am frühsten Morgen, sobald der erste Sonnenstrahl die Pflanze trifft, beginnen die Protoplasten in ihren kleinen Werkstätten mit der Arbeit, die Kohlensäure zu zerspalten und aus ihr organische Verbindungen, Formose, Zucker, Stärke und dergleichen, zu bilden, und erst wenn der Abend herangerückt und die Sonne hinabgesunken ist, wird diese Arbeit eingestellt und zugleich auch das Zuströmen des Kohlendioxyds bis zum nächsten Morgen unterbrochen.

Grüne Pflanzen, welche sich zeitlebens unter Wasser befinden, decken ihren Bedarf an Kohlensäure aus dem die Zellen umspülenden, immer etwas kohlensäurehaltigen Wasser. Sind diese Pflanzen einzellig, so findet die Aufnahme der Kohlensäure allseitig durch die ganze Oberfläche der Zellhaut statt; sind sie mehrzellig und die Zellen kettenförmig aneinander gereiht oder zu einer flächenartig ausgebreiteten Schicht verbunden, so wird jede dieser Zellen die Kohlensäure nur durch jenen Teil der Zellwand in das Innere

[1] Die atmosphärische Luft enthält freies Kohlendioxyd und nicht Kohlensäure. Bei Absorption des Kohlendioxyds in Wasser entsteht aber sofort Kohlensäure.

gelangen lassen, welcher unmittelbar mit dem Wasser in Berührung ist. Dasselbe gilt auch von jenen unter Wasser lebenden Pflanzen, welche aus mehreren Zellschichten bestehen und bedeutenden Körperumfang besitzen. Jene Zellen, welche solche Pflanzen gegen das Wasser zu abgrenzen, also die Haut derselben bilden, schließen immer dicht zusammen, sind platt gedrückt, an der dem Wasser zugewendeten Seite nicht verdickt und stehen in ununterbrochenem Verbande, so daß man keinerlei Lücken zwischen ihnen findet. Im Innern dieser Wasserpflanzen aber bilden sich schon in erster Jugend durch Auseinanderrücken einzelner Zellreihen große Lücken und Höhlungen aus, welche mit einem Gemenge aus Stickstoff, Sauerstoff und Kohlendioxyd, also mit einer Luft erfüllt sind, welche von der atmosphärischen Luft nicht wesentlich abweicht. Wenn diese Einrichtung zunächst auch den Zweck haben mag, daß dadurch das Gewicht der ganzen Pflanze herabgesetzt wird, so dürfte sie doch auch insofern nicht ohne Bedeutung sein, als aus diesen Lufträumen Kohlensäure in die angrenzenden Zellen aufgenommen werden kann. Gewiß aber ist, daß auch bei diesen mit großen Lufträumen in ihrem Innern ausgestatteten Wasserpflanzen die Kohlensäure vorzüglich durch die Oberhaut und zwar durch jene Wandungen der Oberhautzellen, welche unmittelbar mit dem Wasser in Berührung stehen, in die Pflanzen kommt.

Die Kohlensäure, welche in die vom Wasser ganz oder teilweise umspülten Zellen gelangt, ist entweder als solche in dem umspülenden Wasser absorbiert enthalten, oder sie findet sich im Wasser in Verbindung mit Kalk als doppeltkohlensaurer Kalk. Diesem im Wasser gelösten doppeltkohlensauren Kalke kann ein Teil der Kohlensäure durch die Wasserpflanzen entzogen werden, und es schlägt sich dann der einfachkohlensaure Kalk, welcher in Wasser unlöslich ist, auf diejenige Zellwand nieder, durch welche die eine Hälfte der Kohlensäure ihren Weg ins Zellinnere genommen hat. Man findet darum auch eine sehr große Zahl von Wasserpflanzen sowohl des süßen als des salzigen Wassers mit Kalk inkrustiert, und es soll auf diese wichtige Erscheinung später bei Besprechung des Einflusses lebender Pflanzen auf ihr Ernährungsgebiet nochmals zurückgekommen werden.

Die Steinpflanzen entnehmen Kohlensäure dem sie befeuchtenden atmosphärischen Wasser und beziehen Kohlendioxyd direkt aus der sie umspülenden Luft. Es gehören hierher insbesondere jene Laubmoose, Lebermoose und Flechten, die sich, obschon sie an trocknen Felsen haften, bezüglich der Aufnahme von Kohlensäure ganz ähnlich wie Wasserpflanzen verhalten. Bei trocknem Wetter ist bei diesen Pflanzen an eine Aufnahme der Kohlensäure ohnedies nicht zu denken; denn unter dem Einflusse trockner Luft verlieren sie rasch Wasser, erhalten auch keinen Ersatz von seiten des Felsens, an dem sie haften, und sind in kurzer Zeit so dürr, daß man sie mit den Fingern zu Pulver zerreiben kann. Die ganze Lebensthätigkeit steht dann zeitweilig still, und von einer Aufnahme des Kohlendioxyds aus der atmosphärischen Luft könnte unter solchen Verhältnissen keine Rede sein. Sobald aber Regen oder Tau diese Pflanzen netzt, werden jene Zellwände, welche an die Luft angrenzen, sofort mit Wasser getränkt und dadurch befähigt, das Wasser auch in den Innenraum einzulassen. Die Steinpflanzen saugen dann rasch Wasser auf; die dürren, scheinbar toten Krusten werden wieder zu schwellenden Polstern, und mit dem Regen und Tau wird auch Kohlensäure, die in allen diesen wässerigen atmosphärischen Niederschlägen enthalten ist, aufgenommen. Ein schwellender Moosrasen mag immerhin auch aus der atmosphärischen Luft durch die vollgetrunkenen oberflächlichen Zellen noch direkt Kohlendioxyd aufsaugen; doch ist die Menge der auf solche Weise in die Pflanze gelangenden Kohlensäure jedenfalls nur untergeordnet. Manche Laubmoose, wie z. B. die weitverbreitete Grimmia apocarpa, haben auch die Fähigkeit, ebensogut unter Wasser wie an der Luft zu leben, ohne daß sie dabei die Gestalt ihrer Blätter zu ändern und sich für die Aufnahme der Kohlensäure und des Wassers in dem einen und andern Falle besonders einzurichten

brauchen. Die Kohlensäure und das Wasser gelangen durch ganz gleich gebaute Zellwände und in derselben Weise in das Innere, mag diese Grimmia zeitlebens auf Felsblöcken unter Wasser oder zeitlebens, von Luft umspült, an den Felszacken eines Berggipfels haften; woraus auch zu entnehmen ist, daß die Steinpflanzen den Wasserpflanzen in betreff der Ernährung viel ähnlicher sind als den Erdpflanzen.

Die Erdpflanzen decken ihren Bedarf an Kohlenstoff fast ausschließlich dadurch, daß sie Kohlendioxyd der atmosphärischen Luft entziehen. Es finden sich zu diesem direkten Bezuge bei ihnen regelmäßig besondere Einrichtungen getroffen. Da diese Gewächse es nicht vertragen, gleich den Steinpflanzen in trocknen Perioden ganz auszudorren, so müssen sie gegen einen zu weit gehenden Verlust des Wassers sichergestellt sein, und sie sind es dadurch, daß diejenigen Zellwände, welche unmittelbar von der Luft umspült werden, also die äußern Wände der Oberhautzellen, durch eine für Wasser und Luft gar nicht oder doch nur schwer durchdringbare Schicht (Kutikula) verdickt und überhaupt so eingerichtet sind, daß durch sie das Wasser aus dem Zellinnern nur schwer entweichen kann. Es ist nun aber selbstverständlich, daß eine Zellwand, welche dem Austritte von Wasser einen großen Widerstand entgegensetzt, auch den Eintritt desselben nicht leicht gestatten wird, und daß auch die Bedingungen für das Passieren von Gasen durch eine solche verdickte, kutikularisierte, Zellhaut nichts weniger als günstige sind. In der That gelangen manche Bestandteile der atmosphärischen Luft nur schwer, andre gar nicht durch diese verdickten Wände der Oberhautzellen hindurch. Nur das Kohlendioxyd vermag durchzudringen, aber auch dieses nicht immer in jenem Maße, welches dem Bedürfnisse entsprechen würde. Damit nun das Kohlendioxyd, dieses so wichtige Nahrungsmittel der Pflanze, in genügender Menge zu jenen Zellen unter der Oberhaut, in welchen die der Ernährung vorstehenden Protoplasten hausen, hin gelangen kann, ist folgende Einrichtung getroffen. Zwischen den fest aneinander schließenden Oberhautzellen, deren Außenwand verdickt und für Luft fast undurchdringlich gemacht ist, finden sich auch andre Zellen eingeschaltet, die immer paarweise beisammenstehen, gewöhnlich kleiner sind als die andern, und die einen kleinen Spalt zwischen sich offen lassen. Da solche Spaltöffnungen immer dort entstehen, wo sich in der von Oberhaut überkleideten Zellgruppe durch Auseinanderweichen einzelner Zellen Gänge und Kanäle, die sogenannten Intercellulargänge, ausgebildet haben, so bildet jede Spaltöffnung eigentlich die Mündung eines Systemes von Gängen, welches zwischen den dünnwandigen Zellkammern im Innern sich verzweigt. Die Bestandteile der atmosphärischen Luft, allen voran das Kohlendioxyd, können durch die Spaltöffnungen in diese innern Gänge und Kanäle gelangen, streichen dort an den mit Chlorophyll erfüllten Zellkammern vorbei, können auch mit Leichtigkeit die dünnen, mit Wasser durchtränkten Wandungen dieser Zellen passieren und gelangen so zu den lebendigen, mit Chlorophyll ausgestatteten Protoplasten, deren Tagesarbeit, wie schon oben erwähnt, darin besteht, daß sie unter Verwertung des Lichtes die in die Chorophyllkörper gelangte Kohlensäure sofort zersetzen, den Kohlenstoff verarbeiten, den Sauerstoff aber sowie alle übrigen Bestandteile der Luft, die etwa noch in den Arbeitsraum des Protoplasten gelangt sind, aber für den Augenblick keine Verwendung finden, auf demselben Wege wieder nach außen befördern, auf welchem sie eingedrungen waren.

Die Durchlüftungskanäle, welche mit Spaltöffnungen an der Oberhaut münden, dienen übrigens nicht nur der eben geschilderten Zufuhr von Kohlendioxyd, beziehentlich Kohlensäure und der Abfuhr von Sauerstoff; denn durch dieselben Spalten, Gänge und Binnenräume, durch welche im Tageslichte das Kohlendioxyd ein- und der Sauerstoff ausströmt, findet auch die Atmung der Pflanzen statt, und überdies spielen dieselben noch eine sehr wichtige Rolle bei der Abgabe von Wasserdampf, der sogenannten Transpiration. Es wird daher auch die Mannigfaltigkeit ihrer Ausbildung, die ganz vorzüglich als eine Anpassung

an die verschiedenen Verhältnisse, unter welchen die Transpiration stattfindet, aufzufassen ist, erst bei Behandlung dieses Vorganges eingehender zu besprechen sein.

Jene Verwesungs- und Schmarotzerpflanzen, welche kein Chlorophyll oder doch kaum nennenswerte Mengen desselben enthalten, nehmen auch kein freies Kohlendioxyd aus der Atmosphäre auf, sondern decken ihren Bedarf an Kohlenstoff aus den organischen Verbindungen ihres Nährbodens. Die mit Blattgrün reichlich versehenen Verwesungs- und Schmarotzerpflanzen beziehen aber zweifellos auch freies Kohlendioxyd und zwar entweder in der Weise der Wasser- und Steinpflanzen, wie die Euglänen, die schwimmenden, wurzellosen Wasserschlauch-Arten und die auf dem Kote der Säugetiere wuchernden Laubmoose oder in der Weise der Erdpflanzen, wie der Wachtelweizen, der Klappertopf und die Augentrost-Arten.

Sehr bemerkenswert ist der Umstand, daß keine Pflanze bekannt ist, welche freies Kohlendioxyd oder Kohlensäure aus der Erde aufnimmt. Man könnte vermuten, daß wenigstens die Erdpflanzen, deren Wurzeln sich in einer mit kohlensäurehaltigem Wasser durchtränkten Erdschicht verzweigen, diese für sie so wichtige Nahrung wenigstens zum Teile durch die Wurzeln aufsaugen und zu den grünen Laubblättern hinaufleiten, was aber, soweit die Erfahrungen reichen, nicht der Fall ist.

Ebenso merkwürdig ist der Umstand, daß der Stickstoff, welcher ein unentbehrlicher Bestandteil des Protoplasmas und daher ein für alle Pflanzen sehr wichtiges Nahrungsmittel ist, nicht aus der die Pflanzen umspülenden atmosphärischen Luft, die doch bekanntlich dem Raume nach 79 Prozent Stickstoff enthält, aufgenommen wird. Wenn freier Stickstoff auch viel schwieriger und langsamer die Zellwände einer von atmospärischer Luft umgebenen Pflanze passiert als das Kohlendioxyd, so kann es doch keinem Zweifel unterliegen, daß er aus der Atmosphäre in die Durchlüftungsräume der grünen Laubblätter und weiterhin durch die dünnen Zellwände auch in die Werkstätten der Protoplasten gelangt, und man möchte glauben, daß er dort gerade so wie die Kohlensäure verarbeitet werden würde. Die sorgfältigsten Untersuchungen haben aber ergeben, daß er in dieser Form von den Protoplasten nicht verwertet, vielmehr unbenutzt wieder entlassen und der Atmosphäre zurückgegeben wird, und daß nur Stickstoff, welcher mit andern Stoffen chemisch verbunden in das Innere der Pflanze gelangt, dort auch Verwendung finden kann.

Vorzüglich sind es wohl salpetersaure Salze und Ammoniakverbindungen, welche die Pflanzen zur Deckung ihres Bedarfes an Stickstoff aus dem Boden aufnehmen; aber auch die Salpetersäure und das Ammoniak, welche als solche der atmosphärischen Luft und dem Wasser in Spuren beigemengt sind, dürfen nicht unterschätzt werden. Die Menge der Salpetersäure in der Atmosphäre ist zwar noch geringer als jene des Kohlendioxyds, aber so gut von den Gewächsen die sehr geringe Menge des Kohlendioxyds mit ausgiebigem Erfolge der Luft ausgesaugt werden kann, mag auch die noch geringere Menge von Salpetersäure verwertet werden. Als Quelle für die Salpetersäure erscheinen tote organische Körper, welche zerfallen und oxydiert werden. Vielfach mag der Vorgang bei der Bildung der Salpetersäure aus verwesenden Körpern sich so abspielen, daß zuerst Ammoniak und aus diesem die Salpetersäure hervorgeht. Es ist der Gedanke naheliegend, daß geringe Mengen von Salpetersäure, welche an jenen Stätten, wo Tier- und Pflanzenleichen, Dammerde, Dünger und dergleichen der Oxydation unterliegen, also im Walde, auf der Wiese oder im Felde, sofort von den dort wachsenden Pflanzen aufgenommen werden. Man muß sich stets vor Augen halten, daß es die Pflanzen mit dem, was für sie verwendbar ist und was ihnen notthut, gerade so machen wie ein kluger Finanz- und Staatsmann mit dem Gelde: sie nehmen die Nährstoffe, wo sie dieselben finden.

Es wurde auch die Frage aufgeworfen, aus welcher Quelle die ersten Pflanzen, welche auf der Erde erschienen sind, die Salpetersäure zu schöpfen im stande waren. Für jene Zeit,

in welcher stickstoffhaltige Wesen, deren tote Körper durch Oxydation Salpetersäure liefern, noch nicht existierten, ist man genötigt, anzunehmen, daß alle Salpetersäure und damit auch aller für die Pflanzen als Nahrung verwendbarer Stickstoff durch Gewitter erzeugt wurde. Bei elektrischen Entladungen bildet sich bekanntlich in der atmosphärischen Luft Salpetersäure, und diese kommt mit dem Regen und Taue zur Erde. Diese Quelle der Salpetersäure ist noch nicht versiegt und spielt gewiß auch heute noch dieselbe Rolle wie in jenen längst vergangenen Zeiten am Anfange alles Pflanzenlebens.

Die Salpetersäure wird, wenn sie der Protoplast bei der Bildung der so wichtigen Eiweißverbindungen verwendet, ähnlich wie die Kohlensäure bei der Erzeugung der Kohlenhydrate zerlegt, es wird nämlich Sauerstoff abgespalten. Dabei ist aber das Sonnenlicht und ebenso das Chlorophyll nicht unmittelbar beteiligt. Auch wird der abgespaltene Sauerstoff nicht ausgeschieden, sondern zu andern in der Pflanze sich bildenden Verbindungen, wahrscheinlich zu Pflanzensäuren, verbraucht.

Das Ammoniak verhält sich in seinen Beziehungen zur Pflanze ganz ähnlich wie das Kohlendioxyd und die Salpetersäure. Es entbindet sich aus den abgestorbenen, sich zersetzenden organischen Körpern und findet sich in Spuren für sich allein oder mit ebenso geringen Mengen Kohlendioxyd, Kohlensäure und Salpetersäure in der atmosphärischen Luft, in den atmosphärischen Niederschlägen, ebenso in allen Gewässern, in welchen Tiere und Pflanzen sich verjüngen, und wo bei diesem Vorgange die Alten absterben und den Jungen das Feld räumen. Alle Wasserpflanzen sind zur Gewinnung des Stickstoffes einzig und allein auf diese Quelle angewiesen. Daß die Steinpflanzen den Stickstoff aus dem in der Atmosphäre und in den atmosphärischen Niederschlägen enthaltenen Ammoniak und der Salpetersäure beziehen, ist eigentlich selbstverständlich. Wo anders her sollte eine den vorspringenden Quarzriff an der Bergspitze überziehende Krustenflechte den Stickstoff nehmen, welchen sie zur Vermehrung des Protoplasmas so notwendig bedarf? Aber auch größere Steinpflanzen, zumal Moose, scheinen befähigt zu sein, das Ammoniak aus der Luft direkt aufzunehmen. Eine in den Tiroler Alpen gemachte Beobachtung dürfte hiermit in Zusammenhang zu bringen sein. Der Rücken der Hammerspitze, einer Bergkuppe, welche sich zwischen dem Stubai- und Gschnitzthale zu 2600 m erhebt, ist im Sommer bei günstigem Wetter der Ruheplatz von vielen Hundert Schafen und als solcher mit ganzen Schichten der Exkremente dieser Tiere bedeckt. Infolgedessen entwickelt sich dort ein höchst unangenehmer ammoniakalischer stechender Geruch, welcher den längern Aufenthalt auf diesem der herrlichen Fernsicht wegen sehr besuchenswerten Punkte nichts weniger als angenehm erscheinen läßt. Es ist nun sehr merkwürdig, zu sehen, daß die Moose, welche auf den Blöcken und Klippen dicht über dem düngerreichen Boden sich erheben, die aber selbst mit Schafkot nicht überlagert sind, eine Üppigkeit zeigen, wie sie auf keiner der benachbarten andern, derselben Gesteinsformation angehörenden, aber dem Besuche der Schafe entzogenen Kuppen zu sehen ist. Soweit der ammoniakalische Geruch wahrnehmbar ist, so weit reichen auch diese schwellenden, freudig grünen Rasen, und es liegt nahe, anzunehmen, daß dieses üppige Wachstum durch das direkt aus der Luft absorbierte Ammoniak bedingt wird.

Auch Erdpflanzen vermögen das Ammoniak aus der Luft aufzunehmen. Erwiesenermaßen kommt den sogenannten Drüsenhaaren vieler Pflanzen, beispielsweise jenen an den Blättern der Pelargonien und der chinesischen Primel, die Fähigkeit zu, Spuren von Ammoniak zu absorbieren und kohlensaures und salpetersaures Ammoniak mit Wasser rapid aufzusaugen. Wenn man erwägt, daß ein einziger Primelstock (Primula Sinensis) dritthalb Millionen solcher saugender Drüsenhaare besitzt, welche das ihm mit dem Regen zugeführte Ammoniak aufzunehmen im stande sind, so wird man die Bedeutung dieses Vorganges nicht für ganz geringfügig ansehen dürfen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß fast alles Ammoniak,

nachdem es sich aus den verwesenden Substanzen eines Bodens gebildet hat, von den in nächster Nähe wachsenden Pflanzen sofort absorbiert wird, und daß man darum in den höhern Schichten der Atmosphäre verhältnismäßig nur so wenig Ammoniak nachzuweisen vermag. Ob das so oft bewunderte, überraschend prachtvolle Gedeihen der mit Drüsenhaaren dicht besetzten Pelargonien in der Nähe von Düngerstätten vor den Fenstern der Bauernhäuser in Gebirgsdörfern oder auch vor den Fenstern der Stallungen mit der an solchen Stellen ermöglichten Aufnahme einer reichlichern Menge von Ammoniak zusammenhängt, mag dahingestellt bleiben.

Nährsalze.

Setzt man Holz, Blätter, Samen oder irgend einen andern Pflanzenteil bei Zutritt der Luft einer hohen Temperatur aus, so verändern sich zunächst die in demselben enthaltenen Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen. Sie schwärzen sich, verkohlen und verbrennen, und es gehen schließlich die Verbrennungsprodukte in gasförmigem Zustande in die Atmosphäre über. Was als unverbrennlich zurückbleibt, wird Asche genannt. Die Menge wie die Zusammensetzung dieser Asche sind bei den verschiedenen Pflanzenarten und selbst an einer und derselben Pflanze an deren verschiedenen Teilen sehr ungleich. Gewöhnlich bildet die Asche nur einige Prozente von dem Gewichte des vor der Verbrennung getrockneten Pflanzenkörpers. Verhältnismäßig am meisten Asche bleibt bei der Verbrennung der Wasserpflanzen, namentlich solcher, welche im Meere aufgewachsen sind, dann der auf Salzsteppen gedeihenden Meldengewächse zurück. Die geringste Menge dagegen zeigen Pilze und Moose, zumal die Torfmoose, ebenso die tropischen, an der Baumborke lebenden Orchideen. Die Samen und das Holz ergeben vergleichsweise immer viel weniger Asche als das Laub. Etwas Asche aber wird, wie schon bemerkt, bei der Verbrennung aller Pflanzenteile, ja man kann wohl sagen, jeder einzelnen Zelle gefunden, und mitunter läßt der Aschenrückstand noch auf das genaueste die Größe, den Umriß und die Gestalt der Zellen erkennen. Schon diese ganz allgemeine Verbreitung läßt darauf schließen, daß jene Bestandteile, welche die Asche bilden, nicht zufällig in die Pflanze gekommen, sondern für dieselbe notwendig sind. Es läßt sich aber die Unentbehrlichkeit von Aschenbestandteilen für die sich aufbauende, wachsende Pflanze auch direkt nachweisen. Versucht man es, eine Pflanze ausschließlich nur mit destilliertem Wasser und mit filtrierter atmosphärischer Luft zu ernähren, so geht sie alsbald zu Grunde; setzt man aber dem destillierten Wasser, welches die Wurzeln der Versuchspflanzen umspült, eine geringe Menge der Aschenbestandteile zu, so kann man in einer solchen Lösung die betreffenden Pflanzen an Volumen zunehmen, Laub und Blüten, ja selbst keimfähige Samen entwickeln sehen.

Es wurde durch solche Kulturversuche auch annähernd festgestellt, welche Bestandteile für alle Pflanzen unentbehrlich und welche nur unter gewissen Verhältnissen und nur für bestimmte Arten notwendig oder doch vorteilhaft sind. Als unbedingt notwendig sind diejenigen Grundstoffe anzusehen, welche bei der Bauthätigkeit der Pflanzen verbraucht werden und in die Zusammensetzung des Zellenleibes und der Zellhaut eingehen, welche also z. B. wesentliche Bestandteile der Eiweißstoffe bilden, oder die insofern eine Rolle spielen, als ohne ihre Gegenwart die Bildung solcher Stoffe unmöglich ist. Als solche aber haben zu gelten Schwefel und Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium, für einige Pflanzen, zumal jene, welche im Meere leben, auch Natrium, Jod und Chlor und für die grünen Pflanzen das Eisen. Zum Gedeihen in der freien Natur ist für die meisten Pflanzen auch noch Silicium sehr wichtig. Die meisten dieser Grundstoffe werden von der sich ernährenden Pflanze in hoch oxydiertem Zustande, also in Verbindung mit viel Sauerstoff, und zwar in

der Regel als Salze aufgenommen, und man kann die mineralischen Nährstoffe auch kurzweg unter dem Namen Nährsalze begreifen.

Selbstverständlich können die Nährsalze nur im gelösten Zustande durch die Zellhaut hindurch in das Innere der Pflanze gelangen. Dem entsprechend sind es vorzüglich die im Wasser löslichen schwefelsauren, phosphorsauren, salpetersauren, kohlensauren und Chlorsalze des Calciums, Magnesiums, Kaliums und Eisens, welche als Nährsalze angesprochen werden können. Dabei scheint es ziemlich belanglos, in welcher Verbindung die unentbehrlichen Grundstoffe von der Pflanze aufgenommen werden; es dürfte z. B. gleichgültig sein, ob der Phosphor als phosphorsaures Kali oder phosphorsaures Natron vom Nährboden angeboten wird. Über die Bedeutung des Schwefels für die Pflanze ist so viel sichergestellt, daß er zur Erzeugung der Eiweißkörper notwendig ist. Der Phosphor scheint für die Umsetzung gewisser Stickstoffverbindungen unentbehrlich zu sein; vom Kalium wird angenommen, daß es bei der Bildung der Stärke eine Rolle spielt. Der Kalk kommt mit Schwefelsäure verbunden als schwefelsaurer Kalk in die Pflanze; dieser wird zersetzt, der Kalk verbindet sich mit Oxalsäure zu unlöslichem oxalsauren Kalke, und der Schwefel der Schwefelsäure wird zur Bildung von Eiweißstoffen verwendet. Insofern wäre also der Kalk als Transportmittel für den Schwefel von Wichtigkeit. Das Eisen ist jedenfalls bei der Bildung des Blattgrüns beteiligt, wenn es auch nicht, wie früher geglaubt wurde, in die Zusammensetzung desselben eingeht. Es hat sich nämlich bei den künstlichen Kulturen herausgestellt, daß Pflanzen, welche man in eisenfreien Lösungen gezüchtet hatte, bleichsüchtig aussahen, nicht ergrünten und schließlich abstarben, während sie nach Zusatz geringer Mengen eines löslichen Eisensalzes in kürzester Frist grün wurden und sich weiter entwickeln konnten. Die meisten dieser Grundstoffe scheinen sich demnach nicht dadurch zu bethätigen, daß sie in eine der organischen Verbindungen eintreten, sondern ihre Aufgabe besteht vorzüglich darin, daß sie Zersetzungen, Spaltungen und Neubildungen vermitteln und anregen.

Der Kieselsäure, die sich in der Asche vieler Pflanzen so reichlich vorfindet, daß sie oft mehr als die Hälfte derselben ausmacht, ist wieder eine andre Rolle zugedacht. Glüht man jene winzigen, einzelligen Wasserpflanzen, die unter dem Namen der Diatomaceen bekannt sind, oder setzt man die Stengel der Schachtelhalme, die Nadeln des Wacholders, die Blätter von Gräsern und dergleichen der Glühhitze aus, so bleibt ein weißes Skelet zurück, welches fast ganz aus Kieselsäure besteht, und an welchem nicht nur die Form der Zellen, sondern auch die feinsten Skulpturen der Zellwände zu ersehen sind. Namentlich die steifen Härchen an dem Laube der Gräser und noch mehr die Zellhaut der Diatomaceen erhält sich in sehr zierlichen Gestalten mit deutlichen Umrissen, und manche Formverhältnisse der Zellhaut, zumal die verschiedenen Leisten, Streifen, Punkte und Wärzchen derselben, sind an solchen ausgeglühten Gebilden noch viel deutlicher zu sehen als früher, da der den Innenraum der Zelle erfüllende Protoplast die Durchsichtigkeit beschränkte. Um die so äußerst mannigfaltigen Gestalten der Diatomaceen genau beschreiben zu können, werden auch die zu untersuchenden Proben sorgfältig ausgeglüht, und es sind die Beschreibungen und Abbildungen dieser mikroskopischen Pflänzchen zumeist nach solchen ausgeglühten Kieselskeleten angefertigt. Es läßt sich an solchen Kieselskeleten deutlich erkennen, daß die Kieselsäure nur in den Zellhäuten eingelagert ist, daß sie daher auf keinen Fall als Bestandteil einer chemischen Verbindung im Leibe des Protoplasmas eine Rolle spielt, ja nicht einmal bei der Entstehung einer solchen Verbindung vermittelnd auftritt. Man findet die Moleküle der Kieselsäure so dicht gedrängt und so gleichmäßig zwischen die Moleküle des Zellstoffes eingelagert, daß auch nach der Entfernung der letztern der ganze Bau in seinen Umrissen und in seinen Einzelheiten erhalten bleibt, daß durch sie also ein förmlicher Panzer hergestellt wird, der als ein Schutzmittel gegen gewisse nachteilige äußere Einflüsse angesehen werden kann.

Für eine große Zahl der im Meere lebenden Pflanzen hat auch das **Natrium** sowie das **Jod** und **Brom** als Nahrungsmittel eine besondere Bedeutung. Inwiefern **Fluor**, **Mangan**, **Lithium** und verschiedene andre Metalle, die man in der Asche einiger Pflanzen nachgewiesen hat, Verwendung finden, ist nicht bekannt, wie denn überhaupt unsre Kenntnis von den besondern Aufgaben, welche den einzelnen mineralischen Nahrungsmitteln bei der Ernährung und dem Wachstume zukommen, noch sehr unvollkommen ist. Merkwürdig ist, daß die den Pflanzen so leicht zugängliche und weitverbreitete **Thonerde** nur sehr selten aufgenommen wird. Mit Sicherheit ist dieselbe bloß in der Asche der Bärlappe in größerer Menge nachgewiesen worden.

Als letzter Ausgangspunkt der in den Nährsalzen enthaltenen Grundstoffe ist die **feste Erdrinde** anzusehen. Aber nur für verhältnismäßig wenige Gewächse bildet dieselbe unmittelbar den Nährboden; die Mehrzahl bezieht die Nährsalze aus den Verwitterungsprodukten des Gesteines, aus den Abfällen und den verwesenden Resten abgestorbener Tiere und Pflanzen, durch deren Zersetzung die mineralischen Substanzen dem Nährboden wieder zurückgegeben werden, ferner aus dem die Ritzen der Felsen sowie die Poren des Sand- und Lehmbodens durchdringenden, die berührten Erdteile auslaugenden Grundwasser und endlich aus den mit gelösten Salzen zu Tage gekommenen Gewässern der Quellen, Flüsse, Teiche und Seen sowie schließlich aus dem an Salzen überreichen Meerwasser.

Gerade diejenigen Salze, deren die meisten Gewächse bedürfen, gehören zu den verbreitetsten der Erdoberfläche; namentlich findet man schwefelsauren Kalk und schwefelsaure Magnesia, Eisen und Kalisalze 2c. fast allerwärts in der Erde, in den Grundwassern und Tagwassern. Dabei ist aber sehr auffallend, daß diese mineralischen Nährsalze durchaus nicht in der Menge, in welcher sie im Nährboden aufgeschlossen sind, in die Pflanze gelangen, daß den Pflanzen vielmehr die Fähigkeit zukommt, sich aus der Fülle der aufgeschlossenen und zur Verfügung gestellten Stoffe nur dasjenige und nur so viel auszuwählen, als für sie gerade gut und nützlich ist. Dieses **Wahlvermögen der Pflanzen** spricht sich in zahlreichen Erscheinungen aus, von welchen einige der wichtigsten im nachfolgenden kurz geschildert werden sollen.

Zunächst ist der Thatsache zu gedenken, daß Gewächse, welche dicht nebeneinander auf demselben Nährboden gewachsen sind, dennoch eine ganz verschiedene Zusammensetzung ihrer Asche zeigen können. Besonders auffallend ist dieses Verhältnis bei Wasser- und Sumpfpflanzen, die dicht gedrängt an derselben Stelle wurzeln, auch von demselben Wasser umspült werden und dennoch sehr weitgehende Unterschiede in betreff der aufgenommenen mineralischen Nahrung zeigen. Die Aschen der in unmittelbarster Nähe in einem Sumpfe gewachsenen Wasserschere (Stratiotes aloides), der weißen Seerose (Nymphaea alba), einer Armleuchter-Art (Chara foetida) und des Wasserrohres (Phragmites communis), auf den Gehalt an Kali, Natron, Kalk und Kieselsäure geprüft, gaben z. B. folgendes Resultat:

	Wasserschere	Seerose	Armleuchter	Wasserrohr
Kali	30,82	14,4	0,2	8,6
Natron	2,7	29,66	0,1	0,4
Kalk	10,7	18,9	54,8	5,9
Kieselsäure	1,8	0,5	0,3	71,5

Die andern Bestandteile der Asche dieser Gewächse, zumal das Eisenoxyd, die Magnesia, Phosphorsäure und Schwefelsäure, zeigten geringere Differenzen; aber die Unterschiede in den Mengen des aufgenommenen Kalis, Natrons, Kalkes und der Kieselsäure sind so groß, daß sie nur durch das Wahlvermögen dieser Pflanzen erklärt werden können. Verschiedene Arten von Tangen und Florideen, die, knapp nebeneinander an derselben Felsklippe

angeheftet, im Meere aufwuchsen und von demselben Wasser umspült waren, zeigten ähnliche Abweichungen in der Zusammensetzung ihrer Asche.

Auf den Serpentinbergen bei Gurhof in Niederösterreich wurden zwei Pflanzenarten, das Brillenschötchen (Biscutella laevigata) und der niederliegende Bartklee (Dorycnium decumbens), gesammelt, welche, unter- und miteinander wachsend, einen Abhang überkleideten, und deren Wurzeln, sich teilweise kreuzend und verschränkend, in demselben Boden steckten, dasselbe Erdreich aussaugten. Die Asche dieser zwei Pflanzenarten war folgendermaßen zusammengesetzt:

	Brillenschötchen (Biscutella laevigata)	Bartklee (Dorycnium decumbens)		Brillenschötchen (Biscutella laevigata)	Bartklee (Dorycnium decumbens)
Kali	9,6	16,7	Kieselsäure . . .	13,0	6,3
Kalk	14,7	20,9	Schwefel . . .	5,2	1,6
Magnesia . . .	28,0	19,6	Phosphor . . .	15,9	22,3
Eisenoxyd . . .	7,8	2,8	Kohlensäure . .	5,4	9,7

Erscheinen die Unterschiede hier auch nicht so weitgehend wie bei den oben aufgeführten Wasserpflanzen, so sind sie doch immerhin so groß, daß sie nicht als bloßes Spiel des Zufalles angesehen werden dürfen.

Wenn man dagegen die Zusammensetzung der Asche von einer und derselben Pflanzenart, deren Stöcke auf einer ähnlichen Bodenunterlage an weit voneinander entfernten Orten sich ernährt hatten, vergleicht, so ergeben sich verhältnismäßig nur geringe Schwankungen. Das Laub, das sich an Buchenbäumen auf den Kalkbergen bei Regensburg entwickelt hatte, ergab eine Asche, welche von jener, die aus dem Buchenlaube von Bäumen auf den Hügeln des Bakonyer Waldes in Ungarn gewonnen wurde, nur ganz unbedeutend abwich. Es zeigt selbst dann die Asche einer bestimmten Pflanzenart der Hauptsache nach dieselbe Zusammensetzung, wenn die Stöcke derselben auf Bodenarten von sehr verschiedener chemischer Zusammensetzung ihre Nahrung gewonnen hatten. Nur ist dann gewöhnlich die Menge jenes Stoffes, welchen der eine Boden reichlicher enthält als der andre, auch in der Asche in größerer, beziehentlich geringerer Menge nachweisbar.

Daß sich unter solchen Umständen einzelne Stoffe auch vertreten können, ist im vorhinein nicht unwahrscheinlich. Diese Vertretung dürfte aber doch nur auf jene nahe verwandten Verbindungen beschränkt sein, deren Moleküle von dem lebendigen, thätigen Protoplasma bei dem Aufbaue und der Umlagerung der Stoffe wechselseitig substituiert werden können. Für einen Ersatz des Calciums durch Magnesium sprechen die in der nachfolgenden kleinen Tabelle zusammengestellten Analysen der Asche aus den beblätterten Zweigen der Eibe (Taxus baccata):

	Asche aus den Zweigen und Blättern der Eibe von					
	Serpentinboden		Kalkboden		Gneißboden	
Kieselsäure	3,8		3,6		3,7	
Schwefelsäure	1,9		1,6		1,9	
Phosphorsäure	8,3		5,5		4,2	
Eisenoxyd	2,1		1,7		0,6	
Kalkerde	16,1	38,8	36,1	41,2	30,6	36,3
Bittererde	22,7		5,1		5,7	
Kali	29,6		21,8		27,6	
Kohlensäure	14,1		23,1		24,4	
Spuren von Mangan, Chlor rc. . .	—		—		—	
Zusammen:	99,6		98,5		98,7	

Es findet sich in Mitteleuropa die Eibe auf den verschiedensten Gebirgsformationen; am häufigsten auf Kalkboden, aber nicht selten auch auf Gneißfelsen und mitunter auch auf Serpentingesteinen. Wenn man nun die Menge des Calciums und Magnesiums aus der Asche der auf Kalk und Gneiß gewachsenen Eiben mit derjenigen vergleicht, welche die Asche der auf Serpentin gewachsenen Eiben lieferte, so stellt sich heraus, daß auf dem letztern Gesteine, welches der Hauptsache nach eine Verbindung der Bittererde mit der Kieselsäure ist, die Bittererde über die Kalkerde bedeutend das Übergewicht hat, während die Asche der Eiben, die auf Kalkfelsen wuchsen, wo also deren Wurzeln vorwaltend kohlensauren Kalk und nur wenig Bittererde geboten war, gerade das umgekehrte Verhältnis zeigt. Man kann mit Rücksicht auf das aus diesen Tabellen ersichtliche Resultat annehmen, daß in den Pflanzen des Serpentinbodens der Kalk größtenteils durch Bittererde ersetzt wird, und es spricht hierfür auch der Umstand, daß dann, wenn man Kalk und Bittererde zusammen berechnet, in den drei Fällen sehr nahe übereinstimmende Zahlen sich ergeben, nämlich auf Kalkboden 41,2, auf Serpentin 38,8 und auf Gneißboden 36,8 Prozent der Asche.

Alle diese bei der Auswahl der Nährsalze beobachteten Erscheinungen sind übrigens noch bei weitem nicht so auffallend wie die Thatsache, daß die Pflanzen auch die *Fähigkeit besitzen, gewisse ihnen wichtige Stoffe, welche der Nährboden in kaum nachweisbarer Menge enthält, dennoch aus der Fülle der andern herauszulesen und gewissermaßen zu konzentrieren.* Es wurde schon oben, S. 63, von der weißen Seerose angegeben, daß nahezu ein Drittel ihrer Asche aus Kochsalz besteht. Man möchte nun glauben, daß das Wasser, in welchem diese Seerose vegetierte, auffallend viel Kochsalz enthalten habe. Aber nichts von dem! Das Sumpfwasser, welches die Blätter und Stengel der Seerose umspülte, enthielt nur 0,0335 Prozent, der Schlamm, welchen die Wurzeln durchwucherten, nur 0,010 Prozent Kochsalz.

Nicht weniger überraschend ist das Vorkommen von Diatomaceen, deren Zellhaut, wie schon früher erwähnt wurde, mit Kieselsäure gepanzert ist, in Gewässern, welche kaum Spuren von Kieselsäure enthalten. Oberhalb der Arzler Alpe in der Solsteinkette bei Innsbruck entspringt am Fuße einer mächtigen Kalkwand eine Quelle, deren kaltes Wasser mit raschem Gefälle in kleinen Kaskaden zwischen Felsblöcken zur Tiefe rauscht. Das Wasser derselben ist hart, enthält viel Kalk und setzt auch in einiger Entfernung von der Ursprungsstelle Kalktuff ab. Unmittelbar an dem Orte, wo es aus dem Felsspalte hervorquillt, ist das Rinnsal ganz erfüllt von einer dunkelbraunen, flockigen Masse, und diese Masse besteht merkwürdigerweise aus Milliarden von Zellen einer kieselschaligen Diatomacee, des zierlichen Odontidium hiemale, welches, zu langen Bändern aneinander gereiht, hier in einer Größe und Üppigkeit gedeiht, wie sie anderwärts kaum wieder beobachtet werden dürfte. Das umflutende Quellwasser aber enthält so wenig Kieselsäure, daß in dem nach Abdampfung von 10 Liter verbliebenen Rückstande noch immer keine Spur dieses Stoffes ermittelt werden konnte.

Ähnlich wie hier mit der Kieselsäure verhält es sich im Meere mit dem Jod. Die meisten Tange der Nordsee enthalten Jod, manche sogar in ziemlich ansehnlicher Menge, und dennoch ist es bisher nicht gelungen, im Wasser der Nordsee das Jod nachzuweisen. Auch Erdpflanzen zeigen übrigens ähnliche, mitunter geradezu verblüffende Erscheinungen. Die Ritzen quarzreicher Schieferfelsen in den Zentralalpen sind an manchen Stellen mit Steinbrechen, namentlich mit Saxifraga Sturmiana und S. oppositifolia, überwachsen, deren Blätter in dicht gedrängten Rosetten beisammenstehen und schon von fern durch ihre blasse Farbe auffallen. Sieht man näher zu, so findet man die Spitze und den Rand dieser Rosettenblätter mit kleinen Krusten von kohlensaurem Kalke bedeckt, deren Bedeutung für die Pflanze noch wiederholt zur Sprache kommen wird. Vergeblich aber

sucht man in der die Felsritzen erfüllenden Erde nach einer Kalkverbindung, und auch der anstehende Fels kann nur in den eingesprengten, schwer zersetzbaren Glimmerschüppchen Spuren von Kalk enthalten. Und dennoch kann der Kalk, welcher die Rosettenblätter dieser Steinbreche überkrustet, nur aus dem unterliegenden Gesteine, es kann die Kieselsäure, welche sich in die Zellhaut der Diatomaceen einlagert, nur aus der erwähnten Quelle, das Jod der Tange nur aus dem Meere und das Kochsalz in den Seerosen nur aus dem Wasser des Teiches, in welchem diese Pflanze sich entwickelte, herstammen. Nur sind diese Stoffe in kaum wägbaren Spuren in den betreffenden Erden und Flüssigkeiten enthalten. Gerade darum beanspruchen aber derartige Fälle ein so hohes Interesse, weil sie zeigen, daß der Pflanze die Fähigkeit zukommt, selbst von den äußerst geringen Mengen eines Stoffes Besitz zu ergreifen, wenn derselbe für sie von Wichtigkeit ist. Man kann sich vorstellen, daß dort, wo die Pflanze von Flüssigkeit umgeben ist, fort und fort neue Flüssigkeitsmassen mit der Oberfläche der Pflanze in Berührung kommen, da selbst in scheinbar ruhigem Wasser ununterbrochen Ausgleichsströmungen durch die Änderungen der Temperatur veranlaßt werden. Über einen Tang, dessen Oberfläche 1 qdm groß ist, können auf diese Weise im Laufe eines Tages Tausende von Litern Meerwasser hingleiten, und wenn jedem Liter auch nur ein kleiner Teil des in Spuren enthaltenen Stoffes entrissen wird, so häuft sich im Laufe vieler Tage schließlich doch eine ganz erkleckliche Menge desselben in der aufnehmenden Pflanze an. Noch größer als im Meere sind die Wassermassen, welche über eine am Quellenursprunge angesiedelte Pflanze dahingleiten, und es läßt sich begreifen, daß selbst die geringsten Spuren von Kieselsäure im Laufe der Zeit dort zur Geltung kommen. Schwieriger ist es, sich klarzustellen, wie es die in der Erde wurzelnden Pflanzen anfangen, um sich die in kaum wägbaren Mengen im Nährboden enthaltenen Stoffe nutzbar zu machen. Jedenfalls müssen solche Pflanzen durch ein weitverzweigtes Wurzelwerk mit möglichst viel Masse des Nährbodens in Berührung kommen und überdies noch durch Ausscheidung gewisser Substanzen dazu beitragen, daß der begehrenswerte Stoff im Nährboden aufgeschlossen werde.

Will man nun die so merkwürdige Befähigung der Pflanzen, aus den angebotenen Nährsalzen eine Wahl zu treffen, erklären, so wäre zunächst an einen eigentümlichen Bau derjenigen Zellen zu denken, welche mit dem Nährboden in unmittelbarer Verbindung stehen. Die Nährsalze müssen, um in das Innere des Zellenleibes zu gelangen, die Zellhaut und die sogenannte Hautschicht des Zellenleibes passieren. Man kann sich die zu passierenden Wände wie ein Filter oder, um bei dem schon früher gebrauchten Vergleiche zu bleiben, wie ein Sieb denken, durch welches nur gewisse Moleküle durchgelassen, andre dagegen zurückgehalten werden. So wie aber die Gestalt des Siebes, zumal die Weite und Form seiner Durchlässe, auf die Scheidung der Partikelchen eines durchgesiebten Gegenstandes den maßgebendsten Einfluß hat, ebenso könnte auch der Bau der Zellwand die Scheidung der Nährsalze bewirken. Die Zellwand der einen Pflanzenart wäre z. B. als ein Sieb zu denken, welches wohl die Moleküle des Kalis, aber kein Molekül der Thonerde durchläßt, die Zellwand der zweiten Art würde auch die Moleküle der Thonerde passieren lassen, dagegen wieder für jene des Chlornatriums undurchgängig sein. Diese Vorstellung würde zugleich erklärlich machen, warum überhaupt bei den Pflanzen die Aufnahme der Nährstoffe durch eine Zellwand hindurch erfolgt, und warum nicht der jedenfalls viel einfachere Weg durch offene Röhren in den zur Aufnahme der Nahrung bestimmten Organen der Pflanze vorgezogen ist. Vor allem ist aber bei der Erklärung der Stoffwahl nach der Kraft zu fragen, welche die Salzmoleküle veranlaßt, aus dem Nährboden zu den siebartig gedachten Häuten der Zelle hin und durch diese hindurch in das Innere der Pflanze sich zu bewegen. Eine von außen her in diesem Sinne wirkende Kraft ist nicht vorstellbar, und man muß daher die Anregung zur Bewegung in der Pflanze selbst suchen.

Wie schon bei der Besprechung der Kohlensäureaufnahme auseinandergesetzt wurde, denkt man sich als Anstoß zu dieser Bewegung die Störung des Gleichgewichtes der Moleküle im wachsenden Pflanzenkörper. Wird an einem Punkte im Protoplasma der Pflanzenzelle ein Stoff verbraucht, z. B. in eine unlösliche Verbindung übergeführt, so erscheint an dieser Stelle die bisherige Gruppierung der Moleküle, oder sagen wir das molekulare Gleichgewicht, gestört. Um das gestörte Gleichgewicht wiederherzustellen, bedarf es der Wiedereinführung der Moleküle des entzogenen Stoffes, und es werden diese mit großer Energie von jener Seite herbeigezogen, wo sie sich in einem beweglichen, wanderungsfähigen Zustande vorfinden. Wenn z. B. innerhalb eines Zellenleibes Gips, d. h. schwefelsaurer Kalk, zersetzt wurde, indem sich der Kalk mit der in derselben Zelle entstandenen freien Oxalsäure zu unlöslichem oxalsauren Kalke und der Schwefel mit andern Elementen zu unlöslichem Eiweiße verband, so würde dieser Verbrauch des Gipses eine energische Anziehung von Gips aus der Umgebung bedingen, oder, mit andern Worten, es würde dadurch eine Bewegung des Gipses nach der Stelle des Verbrauches veranlaßt werden. Ist die Stelle des Verbrauches eine Zelle, welche unmittelbar an den Nährboden angrenzt, so ist auch die Aufnahme des angezogenen Stoffes eine unmittelbare; befindet sich aber die Zelle, in welcher der Verbrauch stattfindet, durch andre Zellen von dem Nährboden getrennt, so wird sich die Anziehung bis auf den Nährboden durch alle diese Zellen hindurch in der Weise vollziehen müssen, daß der verbrauchte Stoff zunächst der ersten, nach außen gelegenen Nachbarzelle entzogen wird, daß ihn diese wieder ihrer noch weiter gegen die Peripherie hin lagernden Nachbarzelle entnimmt und so fort, bis endlich auch die peripheren Zellen auf den Nährboden ihren Einfluß geltend machen. So denkt man sich jede wachsende Zelle, in welcher Stoffe verbraucht werden, als ein Anziehungszentrum für diese Stoffe. Man erklärt sich auf diese Weise auch, wie es kommt, daß das Zuströmen der Nährsalze nur so lange stattfindet, als die Pflanze wächst, und man begreift auch, daß die Richtung des Stromes sowie die Schnelligkeit des Zuströmens der Lage und der mehr oder weniger energischen Bauthätigkeit der wachsenden Zelle entsprechen muß.

Daß aber die eine Pflanze diesen, die andre jenen Stoff bevorzugt, daß diese Art Jod, jene das Natron, die dritte das Eisen anzieht, läßt sich nur aus der spezifischen Konstitution des Protoplasmas erklären. Das Protoplasma einer wachsenden Zelle, welche kein Jod enthält, bedarf dieses Stoffes auch nicht bei den in seinem Innern sich vollziehenden Umsetzungen und Umlagerungen, und ein solcher Protoplast wird daher auch kein Anziehungszentrum für das Jod bilden, während andre Stoffe, die einen wesentlichen Bestandteil seines Leibes bilden, mit großer Kraft aus der Umgebung von ihm angezogen werden. Mit dieser Vorstellung von der Aufnahme und Auswahl der Nährsalze läßt sich auch ganz gut zusammenreimen, wie es kommt, daß derselbe Stoff von der einen Pflanzenart gesucht sein und doch auf eine zweite Art als Gift einwirken kann. Gerade das Jod übt auf viele Pflanzen, selbst in sehr geringen Mengen, einen nachteiligen Einfluß; die unmittelbar an den jodhaltigen Nährboden angrenzenden Zellhäute werden nämlich durch das Jod in ihrem Aufbaue verändert, ihre Durchlässe werden erweitert, sie verlieren ihre Bedeutung als beschränkende Einlaßpforten für bestimmte Nährsalze und setzen dem Eindringen auch der nachteiligen Stoffe keinen Widerstand mehr entgegen, sterben schließlich ab, und infolgedessen wird begreiflicherweise die ganze Pflanze schwer geschädigt. Pflanzen, für welche das Jod ein unentbehrlicher Bestandteil ist, haben dagegen durch geringe Mengen dieses Stoffes im Nährboden nicht zu leiden; die Zellhäute derselben werden nicht gelähmt und zerstört, und es kann durch sie in ganz regelmäßiger Weise die Saugung stattfinden. Es muß aber hier ausdrücklich das Wort „geringe" betont werden, denn eine größere Menge dieses Stoffes ist auch den jodbedürftigen Pflanzen entschieden nachteilig.

Für viele Pflanzen kann überhaupt als Regel gelten, daß sie am besten gedeihen, wenn ihnen die nötigen Nährsalze in sehr verdünnten Lösungen geboten werden. Nimmt die Menge der Salze zu, so wird dadurch die Entwickelung solcher Pflanzen nicht nur nicht gefördert, sondern gehemmt. Das gilt selbst dann, wenn die Salze zu denjenigen zählen, welche für die betreffenden Pflanzen in geringer Menge unbedingt nötig sind. Eine sehr geringe Menge eines Eisensalzes ist für alle grünen Pflanzen unentbehrlich; sobald aber ein gewisses Maß überschritten wird, wirkt das Eisensalz zerstörend auf die Zellhäute und das Protoplasma und führt den Tod der Pflanze herbei. Wo aber hier die Grenze zwischen zuträglich und abträglich liegt, wo die vorteilhaften Wirkungen bestimmter Stoffe aufhören und die nachteiligen Wirkungen sich einstellen, ist nicht genauer bekannt. Man weiß nur, daß sich verschiedene Pflanzen in dieser Beziehung sehr verschieden verhalten. Wenn man z. B. auf eine Wiese, die mit Gräsern, Moosen und verschiedenen Kräutern und Stauden überwachsen ist, Holzasche ausstreut, so gehen die Moose zu Grunde, die Gräser werden in ihrem Wachstume etwas gefördert, und einige Kräuter und Stauden, zumal die Knöteriche und Schottengewächse, zeigen ein auffallend üppiges Wachstum. Durch das Bestreuen mit Gips wird der Klee zur kräftigern Entwickelung gebracht, dagegen sterben gewisse Farne und Gräser, welche man mit Gips versetzt hat, in kurzer Zeit ab oder bleiben doch in ihrer Entwickelung auffallend zurück.

Man hat speziell die Erscheinung, daß gewisse Pflanzen vorwaltend auf Kalkboden, andre wieder vorwaltend auf Kieselboden vorkommen, zum Gegenstande sehr ausführlicher Untersuchungen gemacht und glaubte auf Grund dieser Untersuchungen annehmen zu können, daß bestimmte Arten eine sehr große oder doch große Menge von Kalk als Nahrung bedürfen, während andre wieder eine sehr große oder doch große Menge von Kieselsäure nötig haben. Hierauf wurde die Einteilung in kalkstete und kalkholde, kieselstete und kieselholde Pflanzen begründet. Die Erklärung, welche man für diese Vorkommnisse gegeben hat, scheint aber, wenigstens für die Kieselpflanzen, nicht zuzutreffen; es ist vielmehr wahrscheinlich, daß die sogenannten kieselsteten Pflanzen nicht wegen der großen Menge von Kieselsäure, sondern darum auf dem aus Quarz, Granit und Schiefergestein zusammengesetzten Boden vorkommen, weil dort große Mengen von Kalk, welche die betreffenden Pflanzen schädigen würden, fehlen und nur jene Spuren dieses Stoffes zu finden sind, welche jede Pflanze unumgänglich nötig hat. Das schließt natürlich nicht aus, daß einzelne Arten in der That das Bedürfnis nach größern Mengen bestimmter Nährsalze besitzen, oder daß sie doch nur dann üppig gedeihen, wenn die Menge dieser Nährsalze nicht allzu kärglich bemessen ist. Melden, Strandnelken, Wermutarten und Schottengewächse bedürfen, wenn sie sich kräftig entwickeln sollen, verhältnismäßig große Mengen von Alkalien. Böden, welche leicht aufschließbare alkalische Verbindungen reichlich enthalten, Orte, wo der Boden von Salzlösungen förmlich getränkt ist, und wo an den austrocknenden Oberflächen fort und fort Salzkristalle ausblühen, der Meeresstrand, die Salzsteppen und die Umgebung von Salinen, sind darum die richtige Heimat für diese Pflanzen. Sie gedeihen dort nicht nur in größter Fülle und Üppigkeit, sondern verdrängen auch alle andern Arten, denen die große Menge von aufgeschlossenen alkalischen Salzen nicht vorteilhaft ist, und die, wenn ihre Samen zufällig auf den Salzboden gelangt sind, zwar aufkeimen, kurze Zeit auch ein kümmerliches Dasein fristen, schließlich aber von den üppigen Melden und Schottengewächsen unterdrückt werden. Solche Gewächse, welche nur auf einem an aufgeschlossenen alkalischen Salzen reichen Boden üppig gedeihen, hat man Salzpflanzen oder Halophyten genannt. Auch die nur im Meerwasser gedeihenden Pflanzen werden mit diesem Namen bezeichnet. Die Mehrzahl der von uns als Gemüse benutzten Pflanzenarten, so namentlich Kohl, Rüben, Kresse, sind eigentlich aus Halophyten

gezüchtet, und sie verlangen darum auch einen Boden, welcher an aufgeschlossenen Alkalien verhältnismäßig reich ist. Es wird sich später noch die Gelegenheit ergeben, darauf zurückzukommen, inwieweit die Landwirtschaft von allen diesen Erfahrungen Nutzen gezogen hat, und wie sich insbesondere die Wechselwirtschaft, die künstliche Düngung des erschöpften Bodens, die Zuführung und der Ersatz mineralischer Nährsalze, welche der Ackererde durch gewisse Kulturpflanzen entzogen wurden, auf die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung gestützt, in der Praxis eingebürgert hat.

Aufnahme der Nährsalze durch Wasserpflanzen.

Gewöhnlich bezeichnet man alle im Wasser wachsenden Gewächse als Wasserpflanzen. Im engern Sinne aber findet dieser Name nur auf jene Pflanzen Anwendung, welche zeitlebens unter Wasser vegetieren und ihre Nahrung, zumal die Kohlensäure, direkt aus dem sie umspülenden Wasser beziehen. Gewächse, welche mit ihren Wurzeln in der Erde unter dem Wasser weit verzweigt sind, deren untere Stengelteile zeitweilig oder auch zeitlebens von Wasser umspült werden, deren obere Stengelteile und deren obere Laubblätter aber über Wasser von der Luft umflutet werden, und welche auch die Kohlensäure direkt aus der atmosphärischen Luft entnehmen, sind als Sumpfpflanzen zu bezeichnen und in Rücksicht auf ihre Nahrungsaufnahme den Erdpflanzen anzureihen. Das Schilf, das Rohr, die Binsen, der Wasserfenchel, der Froschlöffel und die Wasserlilien, ja auch der amphibische Knöterich und die Seerosen sind Sumpfpflanzen und keine Wasserpflanzen. Es ist für alle diese Sumpfpflanzen charakteristisch, daß sie dann, wenn man sie auf längere Zeit ganz und gar unter Wasser setzt, zu Grunde gehen, während sie es anderseits ohne Nachteil vertragen, wenn der Wasserspiegel an ihrem Standorte allmählich so tief sinkt, daß auch ihre untern Stengelteile gar nicht mehr von Wasser umspült werden. Man kann an Stellen, wo ehemals eine Wasserschicht sich ausbreitete, die aber im Laufe der Zeit entwässert und in eine Wiese umgestaltet wurden, nicht nur Röhricht und Binsen, sondern auch Wasserlilien und Seerosen antreffen, welche, ohne von Wasser umgeben zu sein, auf der feuchten Erde vortrefflich gedeihen.

Die eigentlichen Wasserpflanzen dagegen gehen zu Grunde, wenn man sie längere Zeit aus ihrem Elemente nimmt und der Luft aussetzt. Bei den meisten erfolgt die Vernichtung in kürzester Zeit, indem die zarten Zellhäute die Verdunstung des Wassers aus dem Innern der Zellen nicht zu verhindern vermögen, zudem für einen Ersatz des verdunsteten Wassers nicht gesorgt ist und der ganze Pflanzenkörper daher vertrocknen muß. Wasser, welches man solchen vertrockneten Wasserpflanzen zusetzt, wird zwar aufgenommen, aber ist nicht mehr im stande, sie zu beleben. Die in der Nähe des Strandes im Meere vorkommenden Wasserpflanzen können verhältnismäßig noch am längsten der Luft ausgesetzt sein und sind es auch regelmäßig zur Zeit der Ebbe. Man sieht dann die Tange, welche zur Zeit der Flut im Wasser schwankten, ruhig auf den trocken gelegten Klippen des Ufers oder auf dem trocken liegenden Sande des Strandes liegen. Die Zellhaut der oberflächlichen Zellen ist aber bei allen diesen Tangen sehr dick, hält das Wasser fest und verhindert das Austrocknen, wenigstens so lange, bis wieder die Flut kommt und die Standorte dieser Pflanze unter Wasser setzt.

Die amphibischen Pflanzen, von denen die untern Laubblätter mit jenen der Wasserpflanzen, die obern Laubblätter mit jenen der Erdpflanzen in Beziehung des Austrocknens übereinstimmen, wie z. B. mehrere Laichkräuter (Potamogeton heterophyllus und natans), einige weißblütige Ranunkeln (Ranunculus aquatilis und hololeucus), bilden den

Übergang von den Wasserpflanzen zu den Erdpflanzen. Wenn sie bei sinkendem Wasserstande schließlich auf den schlammigen Boden oder feuchten Sand am Grunde des Teiches zu liegen kommen, an dem sie mit ihren zahlreichen Wurzeln festgehalten erscheinen, so vertrocknen nur die früher untergetaucht gewesenen Blätter, jenes Laub dagegen, das, auf der Wasseroberfläche schwimmend, stets mit der Luft in Berührung war, erhält sich, und auch die neu hervorsprießenden Laubblätter passen sich dann ganz der neuen Umgebung an. Ähnlich verhält es sich auch mit mehreren auf der Wasseroberfläche frei schwimmenden Gewächsen, wie z. B. mit einigen Arten der Wasserlinse (Lemna minor, polyrrhiza), mit Azolla, Pontedera, Pistia, welche dann, wenn sie bei sinkendem Wasserstande auf den schlammigen Grund zu liegen kommen, nicht absterben, sondern mit ihren Wurzeln aus der feuchten Erde ihre Nährstoffe entnehmen und dann von Erdpflanzen nicht zu unterscheiden sind.

Die Wasserpflanzen im engern Sinne, d. h. diejenigen, welche ganz und gar untergetaucht sind und welche zu Grunde gehen, wenn sie längere Zeit nicht vom Wasser, sondern von der Luft umspült werden, sind zum größern Teile an irgend eine Unterlage in der Tiefe der Gewässer fixiert. Bei vielen bringt es die eigentümliche Art der Vermehrung mit sich, daß einzelne Zellen sich ablösen und eine Zeitlang im Wasser herumschwimmen. Über kurz oder lang heften sich diese aber wieder an einem ihnen geeignet scheinenden Punkte an, und die weitern Entwickelungsstufen sind wieder festgewachsen. Verhältnismäßig wenig dauernd untergetauchte Arten schweben frei in allen Stadien ihrer Ausbildung in der Flüssigkeit. Diese können auch durch Wasserströmungen verschoben werden; doch ist deren Entfernung niemals eine große, denn alle derartigen untergetauchten Pflanzen, wie z. B. die dreilappige Wasserlinse (Lemna trisulca), die Wasserfeder (Hottonia palustris), die verschiedenen Arten vom Hornblatte (Ceratophyllum), welche, nebenbei bemerkt, alle der Wurzeln vollständig entbehren, ferner von Sporenpflanzen die Riccia fluitans, viele Desmidiaceen, Spirogyren und Nostocineen, leben fast ausschließlich in ruhigen, stehenden Gewässern.

Einige dieser Wasserpflanzen halten sich nur zeitweilig am Grunde der Teiche und Seen auf, so z. B. die merkwürdige Wasserschere (Stratiotes aloides). Den Winter über ruht diese Pflanze, welche, wie schon ihr lateinischer Name sagt, einer Aloe nicht unähnlich sieht, am Grunde der von ihr bewohnten Teiche. Wenn dann der April heranrückt, heben sich die einzelnen Stöcke bis nahe zur Oberfläche des Wassers empor, erhalten sich dort schwebend, erzeugen neue, schwertförmige Blätter und Wurzelbüschel, die von dem verkürzten Stamme ausgehen, und dann Blüten, welche im Hochsommer über die Oberfläche des Wassers emportauchen. Nachdem die Blütezeit vorüber ist, sinkt die Pflanze wieder in die Tiefe, um hier ihre Früchte und Samen auszureifen und Knospen für neue Tochterpflanzen anzulegen. Etwa um das Ende des Augustmonates hebt sie sich zum zweitenmal in demselben Jahre in die obersten Wasserschichten empor. Die inzwischen herangewachsenen Tochterpflanzen gleichen bis auf die geringere Größe ganz der Mutterpflanze; sie haben sich aus den Knospen am Ende verlängerter, zwischen den Rosettenblättern hervorgeschobener Stiele entwickelt und umgeben jetzt, wie die Küchlein die Henne, die stattliche Mutterpflanze. Im Laufe des Herbstes faulen nun die Sprosse, durch welche die Tochterpflanzen mit der Mutterpflanze bisher in Verbindung waren, ab, und alle isolierten Rosetten sowie die Mutterpflanze selbst sinken dann zur Überwinterung wieder in den Teichgrund hinab.

Im ganzen ist die Zahl der untergetaucht im Wasser schwebenden Pflanzen nur eine geringe. Die weitaus größte Mehrzahl ist, wie schon erwähnt, irgendwo angeheftet. Die Samenpflanzen, wie namentlich Vallisneria, Ouviranda, Myriophyllum, Najas, Zannichellia, Ruppia, Zostera, Elodea, Hydrilla, mehrere Potamogeton-Arten (P. pectinatus, pusillus, lucens, densus, crispus) sowie die stengeltragenden Sporenpflanzen, die Isoëtes- und Pilularia-Arten, die Wassermoose, sind im schlammigen Grunde der Wasser-

ansammlungen durch Haftwurzeln, beziehentlich durch Rhizoiden, das fast unübersehbare Heer der Tange und Florideen aber durch besondere Zellen und Zellengruppen, welche oft ein wurzelartiges Ansehen haben, angewachsen. Als Unterlage werden von diesen mit Vorliebe Steine und Felsen, aber auch Tiere und Pflanzen gewählt. Muscheln und Schneckengehäuse sind häufig ganz und gar mit Tangen und Florideen überwuchert. Größere Tange, zumal die Sargassum- und Cystosira-Arten, welche förmliche unterseeische Wälder bilden, tragen auf ihren Verästelungen zahlreiche andre kleine Überpflanzen, insbesondere Florideen, und diese selbst sind wieder mit winzigen Diatomaceen überkleidet. Es erinnern manche dieser hohen, mächtig vom Meeresgrunde sich erhebenden Tange lebhaft an tropische Bäume, die über und über mit Orchideen und Bromeliaceen bewachsen sind, welch letztere selbst wieder von Moosen und Flechten überwuchert erscheinen. Diese Überpflanzen sind aber der Mehrzahl nach weder Schmarotzer noch Verwesungspflanzen. Es beziehen überhaupt mittels einzelner Zellen oder Zellgruppen festgeheftete Wasserpflanzen keine Nährstoffe, namentlich keine Nährsalze, aus der Unterlage, welcher sie aufsitzen. Von der Unterlage abgelöst, erhalten sie sich auch lange Zeit lebend im Wasser, vergrößern sich und können, wenn sie mit einem festen Körper in Berührung kommen, mit demselben wieder verwachsen. Sehr beachtenswert ist in dieser Beziehung die Erscheinung, daß gewisse Krebse ihren Rücken ganz und gar mit solchen Wasserpflanzen besetzen, und daß diese Pflanzen dort auch in kürzester Zeit anwachsen. Namentlich sind es einige Krabben, wie z. B. **Maja verrucosa**, **Pisa tetraodon** und **armata**, Inachus scorpioides und Stenorrhynchus longirostris, welche mit ihren Scheren Stücke von Tangen, Florideen, Ulven und dergleichen abschneiden, diese auf die obere Seite ihres Cephalothorax bringen und dort an eigne angelförmige und hakenartige Haare befestigen. Diese Bruchstücke wachsen in kürzester Zeit an dem Chitinpanzer der Krabben fest, sind aber den Tieren nichts weniger als nachteilig, sondern für dieselben ein wichtiges Schutzmittel. Die betreffenden Krabben entgehen nämlich durch diese Maskierung ihren Verfolgern, und es ist sehr merkwürdig, daß jede Krabbenart sich gerade dasjenige Material zur Bepflanzung der Oberseite ihres Körpers wählt, welches sie am meisten unkenntlich macht: diejenigen Arten, welche vorzüglich in den Regionen leben, in welchen die Cystosiren heimisch sind, überkleiden sich mit Cystosiren, jene, die an dem Standorte der Ulven hausen, pflanzen Ulven auf ihren Rücken. Für uns hat diese Erscheinung insofern ein besonderes Interesse, als sie zeigt, daß die in Rede stehenden *Wasserpflanzen von der Stelle, der sie angeheftet sind, keine Nährsalze beziehen*, und daß daher auch die chemische Zusammensetzung der Unterlage für alle diese Tange, Florideen, Ulven &c. vollkommen gleichgültig ist.

Die Nährsalze werden von diesen Wasserpflanzen ohne Zweifel durch die ganze Oberfläche aus dem umflutenden Wasser aufgenommen. Es ist infolgedessen der Bau ihrer oberflächlichen Zellen ein viel einfacherer als bei den Erdpflanzen. Bei den letztern sind zur Hebung der Nährsalze aus der Erde sehr komplizierte Einrichtungen notwendig, und es zeigen insbesondere die von der Luft umgebenen oberirdischen Teile eine Reihe besonderer Ausbildungen, welche mit dieser Hebung in Zusammenhang stehen. Diese Ausbildungen (Kutikula, Spaltöffnungen &c.) sind für die Wasserpflanzen überflüssig, da eben ein solches Heraufheben und Heraufleiten in jene Regionen, wo die Nährsalze bei der Bildung organischer Substanz verwendet werden sollen, nicht notwendig ist. Auch insofern ist die Aufnahme der Nährsalze bei den Wasserpflanzen eine viel einfachere, als die aufnehmenden Teile eine nachhaltige Quelle der notwendigen Stoffe nicht erst zu suchen brauchen. Die Wurzeln der Erdpflanzen müssen oft weite Wege machen, um die nötige Menge der Nährsalze in der Erde zu finden, auch müssen sie sich dieselben vielfach erst aufschließen, d. h. in den gelösten Zustand überführen. Das alles ist bei den Wasser-

pflanzen nicht der Fall. Sie sind gewissermaßen von einer Lösung der Nährsalze rings umspült, und kaum daß die aufnehmenden Zellen den unmittelbar angrenzenden Wasserschichten Stoffe entzogen haben, so werden diese Stoffe sofort aus der Umgebung wieder nachgeliefert. Im Wasser finden fortwährend Ausgleichsströmungen statt, und es wird daher kaum eine Wasserpflanze geben, welcher nicht die von ihr benötigten Nährsalze in der geeigneten Form fortwährend zuströmen würden. Mit dieser Art der Nährsalzaufnahme steht auch in Zusammenhang, daß diejenigen Teile, mit welchen sich die Wasserpflanzen an eine Unterlage heften, einen verhältnismäßig kleinen Umfang zeigen. Tange, welche in ihrer Höhe und ihrem Umfange einem Haselstrauche gleichen, sind nur durch eine Zellgruppe vom Durchmesser eines Zentimeters an die Felsen unter Wasser angewachsen.

Die Menge der Nährsalze, welche von den Wasserpflanzen aufgenommen wird, ist im Vergleiche zu andern Pflanzen eine sehr bedeutende. Bei den Tausenden von verschiedenen Wasserpflanzen, welche im Meere leben, spielen insbesondere das Natron und, wie schon erwähnt, das Jod eine wichtige Rolle. Bringt man Florideen aus dem Meerwasser in destilliertes reines Wasser, so diffundieren sofort Kochsalz und andre Salze aus dem Innern der Zellen durch die Zellhaut hindurch in das umgebende salzfreie Wasser. Auch der rote Farbstoff dieser Florideen geht durch die Zellwand hindurch in das umspülende Wasser über, ein Beweis, daß auch der molekulare Aufbau der Zellhaut auf die Vermittelung von Salzwasser bei den osmotischen Vorgängen der Nahrungsaufnahme berechnet ist.

Die in süßem und brackigem Wasser lebenden Pflanzen nehmen gleichfalls relativ viele Nährsalze auf, und es steht damit wohl im Zusammenhange, daß Wasser, welches sehr arm an solcher Nahrung ist, auch nur sehr wenige Pflanzenarten enthält.

Wenn das die Wasserpflanzen umspülende Wasser eine wenn auch noch so schwache Lösung der Nährsalze bildet, so sollte man erwarten, daß im fließenden Wasser eine sehr reichliche Vegetation zur Entwickelung kommen würde, da dort nicht erst auf einen Ersatz der durch die Pflanzen der unmittelbaren Umgebung entzogenen Nährsalze auf dem langsamen Wege der Mischung und Ausgleichung gewartet zu werden braucht, sondern das der Nährsalze beraubte Wasser im nächsten Augenblicke durch andres, frische Nährsalze führendes ersetzt wird. Die Erfahrung zeigt aber, daß strömendes Wasser der Entwickelung der Wasserpflanzen nicht so günstig ist wie ruhiges in den Tümpeln, Teichen und Seen. Zum Teile mag das daher rühren, daß strömendes Wasser immer ärmer an Nährsalzen ist, zum Teile mag auch der Umstand ins Spiel kommen, daß der Aufnahme von Salzmolekülen aus lebhaft bewegtem Wasser mechanische Hindernisse entgegentreten. Nur wenige Pflanzen machen in dieser Beziehung eine Ausnahme, indem sie gerade jene Punkte mit Vorliebe aufsuchen, wo sie dem Anpralle des Wassers am meisten ausgesetzt sind. So trifft man gewisse Nostocineen (Zonotrichia, Scytonema) regelmäßig in den Wasserfällen an jenen Stellen, wo die heftigste Strömung stattfindet; auch Lemania, Hydrurus und mehrere Laub- und Lebermoose wachsen am liebsten in den schäumenden Kaskaden reißender Gießbäche. Von Blütenpflanzen, welche sich solche Stellen aufsuchen, sind nur die Podostemaceen bekannt, überaus merkwürdige kleine Gewächse, welche man im ersten Augenblicke für Moose oder Lebermoose hält, die der Wurzeln vollständig entbehren, und von denen einige, wie z. B. die brasilischen Arten der Gattung Lophogyne und die auf Ceylon vorkommenden Terniola-Arten, nicht einmal eine Gliederung in Stengel und Blätter zeigen, sondern nur grüne, den Steinen angeheftete, ausgebuchtete und ausgezackte Lappen darstellen. Sie gehören ausnahmslos dem tropischen Erdgürtel an und finden sich dort im Gerinne der Bäche, angewachsen an Felsklippen, auf welche das Wasser mit großer Gewalt schäumend herabstürzt.

Aufnahme der Nährsalze durch Steinpflanzen.

Was die Aufnahme der mineralischen Nährsalze durch die Steinpflanzen anlangt, so scheint nichts natürlicher, als daß das Gestein, welches die Unterlage bildet, auch die Nährsalze liefert, und daß die an dem Gesteine haftende Pflanze dieselben aufsaugt. Die Sache ist aber nicht immer so einfach. Es gibt Moose und Flechten, welche auf der Schneide der Felsen an Berggipfeln, mitunter an ganz reinem Quarzgesteine haften, die aber nur sehr wenig Kieselsäure, dagegen eine Reihe andrer Stoffe enthalten, welche dem unterliegenden Steine vollständig fehlen und demzufolge auch nicht von dieser Seite her bezogen werden konnten. Für viele dieser Steinpflanzen ist der Fels überhaupt nur eine Unterlage zum Anhaften und keineswegs ein Nährboden, ganz ähnlich wie für viele Wasserpflanzen die Felsklippe, an der sie sich mit ihren Haftscheiben festhalten, nichts weniger als ein Nährboden ist.

Woher beziehen aber dann solche Steinpflanzen die Nährsalze, welche ihrer Unterlage fehlen? So paradox es klingen mag, sie beziehen sie aus der Luft und zwar durch Vermittelung der atmosphärischen Niederschläge. Regen und Schnee nehmen nicht nur das Kohlendioxyd, die Salpetersäure und das Ammoniak, welche sich, wenn auch in äußerst geringen Mengen, aber doch allgemein verbreitet, der atmosphärischen Luft beigemengt finden, in sich auf, sondern sie erfassen beim Niederfallen zur Erde auch den Staub, welcher die Luft erfüllt. Es ist eine weitverbreitete Meinung, daß die atmosphärische Luft nur im Bereiche der Städte und in der Umgebung menschlicher Ansiedelungen, wo durch den Pflug auf den Äckern das Erdreich bloßgelegt und aufgewühlt wird, und wo der rege Verkehr zahlreiche Straßen und Wege geschaffen hat, dann allenfalls noch in Steppen und Wüsten, wo der Boden auf weite Strecken von aller Vegetation entblößt ist, mit Staub erfüllt sei, daß dagegen die Luft über den von solchen Orten abseits gelegenen Ländereien und über Sümpfen, Seen und Meeren keinen Staub enthalte. Wenn man nur an jenen gröbern Staub denkt, welchen der Wind von dem ungebundenen Erdreiche aufhebt und in die Lüfte wirbelt, und den der Sprachgebrauch gemeinhin als Staub bezeichnet, so hat diese Auffassung wohl ihre Berechtigung. Auch was die Qualität des Staubes betrifft, so wird sie ohne Zweifel in der Nähe der Kulturstätten eigentümlich beeinflußt werden, und man braucht nur die berußten Zweige und Blätter der Bäume in Parkanlagen in der Nähe von Fabriken und großen Städten anzusehen, um sich von diesem Einflusse zu überzeugen. Es wäre aber ganz unrichtig, sich die Luft in den von Kulturstätten und überhaupt von Geländen mit offenem Boden abseits gelegenen Gegenden staubfrei vorzustellen. Überall enthält sie Staub, über den ausgedehnten Eisgefilden des arktischen Gebietes und den Gletschern der Hochgebirge nicht weniger als über weiten Wäldern und über dem endlosen Meere.

Wenn in einem waldbedeckten Gebirgsthale die Sonne hinter die Berge hinabsinkt und ihre Strahlen durch eine Scharte zwischen zwei Gipfeln schräg einfallen, so sieht man gerade so wie in einer Stube, in welche die Abendsonne ihre letzten Strahlen durch das Fenster sendet, die Sonnenstäubchen auf- und abschweben und ihre Kreise ziehen. Für gewöhnlich sind nun diese in der Luft schwebenden Sonnenstäubchen allerdings nicht sichtbar, und sie sind auch vielmals kleiner als jene Staubteilchen, welche der Wind von den Straßen aufwirbelt, und welche alsbald, nachdem sie der Windstoß emporgehoben, auch wieder auf den Boden zu liegen kommen. Fällt nun Regen, so nimmt dieser die Sonnenstäubchen aus dem betreffenden Luftreviere auf, bringt sie zur Erde herab und wäscht so gewissermaßen die Luft rein. Noch mehr geschieht das durch den Schnee. Dieser wirkt nicht unähnlich einer Gallertmasse, welche man zum Reinigen trüber Flüssigkeiten benutzt, und die beim Niedersinken alle die Flüssigkeit trübenden Teilchen mit sich in die Tiefe schleppt und so den obern Teil der Flüssigkeit vollständig abklärt. Die fallenden Schneeflocken

filtrieren also die Luft, und der abgelagerte Schnee enthält daher immer unzählige Staubteilchen eingeschaltet. Schmilzt dann der Schnee allmählich ab, so wird ein Teil des Staubes von dem Schmelzwasser gelöst und sickert in die Tiefe, ein Teil aber bleibt ungelöst zurück, wird, wie man in Tirol sagt, „ausgeapert" und erscheint dann den noch ungeschmolzenen Teilen des Schnees in Gestalt schwärzlicher Flecke, Striemen und Bänder aufgelagert, manchmal auch in Form eines graphitartigen, schmierigen Beschlages über die letzten Reste des abschmelzenden Schnees so ausgebreitet, daß diese weit mehr den Eindruck von schwärzlichen Schlammschollen als von Schnee hervorbringen. So findet man es allerwärts, in kultivierten und unkultivierten Gebieten, auf bebautem Boden der Niederungen, auf grasigen Hochebenen über der Waldgrenze, wo weit und breit kein offener Boden zu sehen ist, so findet man es auch inmitten der meilenweiten Gletschergefilde des arktischen Gebietes, und es mag hier nochmals auf die Tafel bei S. 36 verwiesen werden, welche die Ränder und kleinen Wellenkämme der abschmelzenden Schneefelder mit dem so charakteristischen schwärzlichen Beschlage zur Anschauung bringt.

Nicht immer ist die ganze Masse dieses Schneestaubes von den fallenden, die Luft filtrierenden Schneeflocken mitgenommen worden; manchmal wird auch von den über die Schneefelder treibenden Winden nachträglich noch Staub angeweht. In den Alpen ist es eine nicht gerade seltene Erscheinung, daß nach heftigen Stürmen die Schneefelder plötzlich eine gelblich-rötliche Färbung zeigen. Sieht man näher zu, so findet man, daß die Oberfläche des Schnees mit einer unendlich feinen, meist ziegelroten Staubschicht bestreut ist, welche die Stürme herbeigeführt haben. Die Untersuchung solchen **Meteorstaubes** ergibt, daß er vorwaltend aus eisenschüssigem Quarz, Feldspat und verschiedenen andern winzigen Bruchstücken von Mineralien besteht. Mitunter finden sich aber auch Reste organischer Körper, Teile abgestorbener Insekten, Kieselschalen von Diatomeen, Sporen, Blütenstaub, winzige Bruchstücke von Stengeln, Blättern und Früchten und dergleichen beigemengt. Einmal waren nach einem mehrere Tage wehenden Südwinde die Schneefelder der Solsteinkette bei Innsbruck in der Seehöhe von 2000 bis 3000 m von Milliarden einer Micrococcus-Art überschüttet, welche weiten Strecken dieser Schneefelder eine rosenrote Färbung verliehen.

Ohne Zweifel stammt der meiste Staub der Atmosphäre von unsrer Erde her. Bewegte Luft, welche wellenförmig über die Erde dahinflutet, vermag nicht nur abgestorbene und abgelöste Pflanzenteile, sondern auch lose Partikelchen von Felsen, Sand, Erde, ausgetrocknetem Schlamme mit sich fortzuführen. Streift man mit der flachen Hand über die Wetterseite eines trocknen Kalk- oder Dolomitfelsens, eines Gneiß- oder Trachytblockes oder einer Glimmerschieferklippe, so fühlt sich die Oberfläche des Gesteines immer wie bestaubt an, und durch die leiseste Bewegung der Hand werden zahlreiche Staubteilchen völlig abgetrennt, welche sich von dem Felsen schon früher abgehoben hatten und nur noch in ganz lockerer Verbindung mit demselben standen. Jeder kräftige Windstoß ist im stande, solchen Staub abzulösen und mit sich fortzureißen. Größere und schwerere Teilchen werden allerdings nicht viel über den Boden gehoben, wohl aber fortgerollt und fortgeschleift, dabei abgerieben und in noch viel feinern Staub zerkleinert. Solch feiner Staub kann dann durch die in horizontaler Richtung dahintreibenden Stürme oft ziemlich weit verschlagen werden und auch in höhere Schichten der Atmosphäre übergehen. Insbesondere aber wird feinster Staub durch die von dem erwärmten Boden bei ruhenden Winden aufsteigenden Luftströme in die höhern Schichten der Atmosphäre emporgeführt und zwar nicht nur in den Tropen, sondern auch in den gemäßigten Zonen, ja selbst in den frostigen Gebieten der arktischen Zone. Wenn dann dieser Staub aus obern Schichten der Atmosphäre mit dem Regen oder dem Schnee wieder zur Erde geführt wird, so schließt derselbe damit nur einen Kreislauf ab; ja, es ist sehr wahrscheinlich, daß solche durch die atmosphärischen Niederschläge der Erde zurückgegebene

Staubteilchen, wenn sie wieder ausgetrocknet sind, neuerdings ihre Luftfahrt beginnen, und daß daher der Staub einen Kreislauf ausführt, welcher jenem des Wassers analog ist.

Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß Meteorstaub, welcher manchmal in auffallend großer Menge und ganz plötzlich angeweht wird, auch mit den Ausbrüchen von Vulkanen im Zusammenhange steht; ja, es ist auch nicht unmöglich, daß kosmischer Staub in unsre Atmosphäre und aus dieser dann auf unsre Erde gelangt. Die chemische Untersuchung des Luftstaubes hat allerdings in der Mehrzahl der Fälle nur Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Thonerde, Kieselsäure und Spuren von Kali und Natron, also diejenigen Bestandteile ergeben, welche die verbreitetsten an der Oberfläche unsrer festen Erdrinde sind; aber man hat auch wiederholt etwas Kobalt und Kupfer darin gefunden und daraus den Schluß gezogen, daß dieser Staub kosmischen Ursprunges sei.

Für die hier zu erörternde Frage ist das im Grunde ziemlich gleichgültig; wichtig ist nur der Umstand und die Thatsache, daß ungemein fein zerteilter Staub in der Atmosphäre schwebt, daß dieser Staub jene Salze enthält, deren die Pflanzen als Nahrung bedürfen, daß derselbe zunächst mechanisch von den in der Atmosphäre sich kondensierenden Wassertropfen und Schneeflocken mitgerissen, dann aber auch teilweise gelöst wird, daß die atmosphärischen Niederschläge den Steinpflanzen eine genügende Menge von Nährsalzen zuführen, und daß diese zugeführte wässerige Lösung durch die ganze Oberfläche der Steinpflanzen rasch aufgesaugt wird. Es darf hier übrigens nicht unerwähnt bleiben, daß das Bedürfnis der Steinpflanzen nach mineralischen Nährsalzen kein sehr großes ist. Zumal die Vorkeime und auch die beblätterten Sprosse der Grimmien, Rhakomitrien, Andreäaceen und andrer Felsenmoose sowie die Kolemaceen und die meisten Krustenflechten enthalten nur äußerst geringe Mengen dieser Stoffe. Wasser, welches die gewöhnlichen mineralischen Nährsalze in jener Menge enthält, wie es etwa die auf dem Felde kultivierten Cerealien verlangen, wirkt sogar nachteilig auf diese Steinpflanzen ein, und mit solchem Wasser befeuchtet, gehen sie rasch zu Grunde.

Was mit dem durch Regen und Schnee aus der Atmosphäre zur Erde gebrachten, aber nicht gelösten Staube geschieht, und welche wichtige Rolle derselbe bei der Überkleidung des toten Bodens und bei dem Wechsel der Vegetationsdecke spielt, wird am Schlusse dieses Abschnittes nochmals zur Besprechung kommen. Aber schon hier muß bemerkt werden, daß die meisten Steinpflanzen wahre Staubfänger sind, daß sie nämlich den durch Winde, Regenwasser oder Schneewasser zugeführten Staub mechanisch festzuhalten vermögen und denselben in spätern Entwickelungsstadien sogar benutzen, um ihm Nährsalze zu entziehen. Solche Gewächse bilden dann den Übergang von den Stein- zu den Erdpflanzen. Manche Moose sind in den ersten Entwickelungsstufen ausgesprochene Steinpflanzen, während sie später zu Erdpflanzen sich ausgestalten.

Aufnahme der Nährsalze durch Erdpflanzen.

Bei keiner Abteilung der Gewächse vollzieht sich die Aufnahme der mineralischen Nährsalze in so komplizierter Weise wie bei den Erdpflanzen. Zudem ist diese Nährsalzaufnahme bei verschiedenen Pflanzenformen auch nichts weniger als übereinstimmend, und man muß sich hüten, Vorgänge, welche man nur an einzelnen Gruppen von Gewächsen, etwa nur an den allgemein verbreiteten Kulturpflanzen, verfolgt und beobachtet hat, zu verallgemeinern. Anderseits ist es doch mit Rücksicht auf die übersichtliche Darstellung zu vermeiden, alle Abweichungen ausführlich zu schildern und zu sehr ins Detail einzugehen.

Schon der Nährboden, welcher den Erdpflanzen die Nährsalze liefert, die Erde, ist schwer zu definieren. Von der graphitartigen, aus Sonnenstäubchen gebildeten schwarzen

Masse, die sich an Stelle des abgeschmolzenen Schneefeldes abgelagert hat, bis zum groben Steinschutte ist eine ununterbrochene Kette von Übergangsstufen zu beobachten, und Lehm, Sand, Gerölle sind nur einzelne besonders markierte Glieder dieser langen Kette. So wie in betreff der Größe der Zusammensetzungsstücke, wechselt die Erde auch mit Rücksicht auf ihren Gehalt an aufgeschlossenen mineralischen Salzen, in Beziehung auf die Menge der beigemengten verwesenden Reste von Pflanzen und Tieren, in betreff des Zusammenhaltens der einzelnen Gemengteile und mit Rücksicht auf die Fähigkeit, das Wasser aufzusaugen, zurückzuhalten und abzugeben. Welch großer Unterschied zwischen dem Quarzsande am Ufer eines Gebirgsbaches, dem mit Kochsalz geschwängerten Kalksande am Strande des Meeres und dem Sande am Fuße trachytischer Berge, aus welchem Natronsalze ausblühen, welcher Unterschied weiterhin zwischen dem humuslosen Granitboden der Wüste und dem lehmigen Boden auf den Granitplateaus der nördlichen Gebiete, welchem die Reste einer durch Jahrhunderte thätigen Vegetation beigemengt sind! Welcher Art das Erdreich aber auch sei, immer hat es als Nährsalze liefernder Boden für die Pflanze nur dann eine Bedeutung, wenn die Zwischenräume der einzelnen Zusammensetzungsstücke während der Zeit, in welcher die Pflanze an der Bildung organischer Stoffe arbeitet, mit flüssigem Wasser erfüllt sind.

Wie aber versieht sich die Erde mit dem Wasser? „Das hat nicht Rast bei Tag und Nacht, ist stets auf Wanderschaft bedacht", wandert hier als Fluß in den See, als Strom in das Meer, erhebt sich in Dampfform in die Atmosphäre und kehrt wieder als Tau, Regen und Schnee zur Erde zurück. Hier dringt es durch das poröse Erdreich in die Tiefe, bis alle Zwischenräume erfüllt sind, und wenn dann undurchdringliche Erdschichten seinem Tiefgange eine Grenze setzen, so verbreitet es sich seitwärts durch den durchlässigen Boden als Grundwasser oder kommt an geeigneten Stellen als Quelle zu Tage. Erde, welche mit den verwesenden Resten toter Pflanzen reichlich durchsetzt ist, vermag auch den Wasserdampf der Atmosphäre aufzunehmen. Immer wird dann gleichzeitig mit dem Wasserdampfe auch Kohlensäure und Salpetersäure absorbiert. Die atmosphärischen Niederschläge enthalten, wie schon früher erwähnt, gleichfalls Kohlensäure und Salpetersäure, und auch durch die Verwesung der abgestorbenen Pflanzenteile ist eine Quelle dieser Säuren gegeben. Das in den Boden eindringende atmosphärische Wasser, welchem auch diese Kohlensäure und Salpetersäure zukommt, wird so befähigt, durch Vermittelung der absorbierten Säuren, insbesondere bei lang dauernder Einwirkung, die Verbindungen in allen anstehenden Gesteinen und deren Bruchstücken aufzuschließen. Die kieselsauren Verbindungen, die sogenannten Silikate, zumal die Feldspate, Glimmer, Hornblende, Augit und das Anhydrit der Kieselsäure, der Quarz, welche die überwiegende Masse der Gesteine unsrer festen Erdrinde bilden, enthalten entweder viel Kieselsäure, Thonerde und Alkalien, oder sie erscheinen verhältnismäßig arm an Kieselsäure, sind dagegen eisenreicher. Erstere findet man vorzüglich im Granit, Gneiß, Glimmerschiefer und Thonschiefer, letztere werden vorwiegend im Serpentin, Syenit, Melaphyr, Dolerit, Trachyt und Basalt beobachtet. Zuerst werden durch das kohlensäure- und salpetersäurehaltige Wasser die Feldspate zersetzt. Die Alkalien derselben verbinden sich mit der Kohlensäure und Salpetersäure zu löslichen Salzen, die Thonerde mit Kieselsäure bleibt als Thon zurück. Auch das Eisen geht in die Form löslicher Salze über. Am schwersten werden die Glimmer und der Quarz zersetzt, und diese erscheinen darum auch so häufig in Gestalt von glänzenden Schüppchen und eckigen Körnchen dem durch Zersetzung der Feldspate entstandenen Thone beigemengt. Aber schließlich vermögen auch diese der dauernden Einwirkung des kohlensäure- und salpetersäurehaltigen Wassers nicht zu widerstehen. Das Resultat dieser Zersetzungen ist schließlich eine Erde, welche je nach dem Gesteine, aus dem sie hervorgegangen ist, bald Thon, bald Quarzsand, bald Glimmer in

vorwiegender Menge enthält und in der mannigfachsten Weise durch Eisenverbindungen gefärbt ist. Die chemische Untersuchung solcher Erden ergibt von Bestandteilen, welche für die Pflanze aufgeschlossen sind, regelmäßig Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Thonerde, Eisenoxyd und Eisenoxydul, Mangan, Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure, Kohlensäure, bald diesen, bald jenen Stoff in relativ größerer Menge und manche Stoffe in oft nur schwer nachweisbaren Spuren.

Kalksteine und Dolomit, welche nächst den eben besprochenen Gesteinen an der Zusammensetzung unsrer festen Erdrinde den hervorragendsten Anteil haben, bestehen zwar vorwiegend aus kohlensaurem Kalke, beziehentlich kohlensaurer Magnesia, enthalten aber dort, wo sie in mächtigen Schichten und Stöcken erscheinen, immer auch Thonerde, Kieselsäure, Eisenoxydul, Mangan, Spuren von Alkalien in Verbindung mit Phosphorsäure und Schwefelsäure ꝛc. beigemengt. Durch den Angriff des kohlensäure- und salpetersäurehaltigen Wassers wird ein großer Teil des kohlensauren Kalkes und der kohlensauren Magnesia allmählich aufgelöst und entführt; auch von den eben erwähnten Beimengungen wird ein Teil ausgelaugt. Was zurückbleibt, stellt sich dann als eine thonige, lehmige, durch Eisen verschiedentlich gefärbte Masse dar, welche dem durch die Zersetzung des Feldspates gebildeten Thone dem Ansehen nach sehr ähnlich ist. Je nachdem die dem kohlensauren Kalke in dem Gesteine beigemengten Stoffe in größerer oder geringerer Menge vorhanden waren, ist die lehmige Erde, welche aus dem Kalkgesteine hervorging, bald mächtig entwickelt, bald nur in dünnen Lagen, Bändern und Nestern den unzersetzten Trümmern des Gesteines aufgelagert und eingeschaltet. Die chemische Untersuchung hat in solcher lehmiger Erde regelmäßig wieder dieselben für die Pflanze aufgeschlossenen Bestandteile gefunden, welche in der aus den Silikaten entstandenen Erde nachgewiesen wurden, und es stimmen thatsächlich die an den verschiedensten Orten und über den verschiedensten Gesteinen gesammelten Erden in qualitativer Beziehung weit mehr überein, als man von vornherein zu glauben versucht ist. Nur ist das Mengungsverhältnis gewöhnlich verschoben, indem in der aus den Kalksteinen entstandenen Erde die Kieselsäure und die Alkalien, in der aus Silikaten hervorgegangenen Erde der kohlensaure Kalk mehr zurücktritt. Dieser Gegensatz ist insbesondere dann recht auffallend, wenn das zersetzte Gestein fast nur aus Quarz und Glimmer oder aus fast reinem kohlensauren Kalke und kohlensaurer Magnesia bestand, in welchen Fällen dann auch nicht eine thonige, sondern, je nach dem Gesteine, eine an Quarzsand, Glimmerschüppchen, Kalk- und Dolomitsand überreiche lockere Erde hervorgeht.

Die Umwandlung der Gesteine in Erden durch den Einfluß des kohlensäure- und salpetersäurehaltigen atmosphärischen Wassers wird noch wesentlich modifiziert durch die Zerklüftung infolge von Temperaturschwankungen, insbesondere durch Erstarren des in die Poren des Gesteines eingedrungenen Wassers zu Eis, ferner auch durch den mechanischen Einfluß des bewegten Wassers und der bewegten Luft und endlich auch durch die Pflanzen selbst, welche mit ihren Wurzeln in die feinsten Spalten und Risse hineinwachsen, und deren abgestorbene Reste sich mit den durch chemische und mechanische Einflüsse zersetzten, zersprengten und abgeriebenen Gesteinsteilen mengen. Die aus dem anstehenden Gesteine auf die angegebene Art entstandene Masse nennt man die Erdkrume oder kurzweg die Erde. Die Verwesungsprodukte der Pflanzen und Tiere begreift man unter dem Namen Humus. Erde, die reichlich solche zersetzte Pflanzenteile enthält, welcher also viel Humus beigemengt ist, heißt Dammerde.

Jede Erde, insbesondere aber jene, welche reich an Humus und Thon ist, hat die Fähigkeit, Gase und noch mehr das Wasser und die Nährsalze zurückzuhalten. Übergießt man eine Schicht trockner Dammerde mit Wasser, in welchem mineralische Nährsalze gelöst sind, so bringt dasselbe in die Räume zwischen den kleinen und kleinsten Erdteilchen ein und

verdrängt daraus ziemlich rasch die nur schwach adhärierende Luft, welche in Blasen emporsteigt. Erst wenn alle Zwischenräume mit Wasser erfüllt sind und von oben fort und fort neue Flüssigkeit nachdrängt, sickert unten etwas Wasser aus der Erdschicht hervor. Das in den Zwischenräumen zurückgebliebene Wasser wird dort durch die Adhäsion an den Flächen der kleinen Erdteilchen zurückgehalten, und man muß sich jedes Körnchen der Erde mit einer adhärierenden Schicht von Wasser überzogen denken. Noch energischer als Wasser werden die mineralischen Nährsalze, welche im gelösten Zustande mit dem Wasser eingedrungen waren, festgehalten; denn das unten von der Erde abträufelnde Wasser enthält immer viel weniger Salze aufgelöst als jenes, welches oben auf die Erde aufgegossen wurde, woraus man schließt, daß diese Salze von der Erde teilweise absorbiert wurden.

Wir können uns aber in diesem Falle die Absorption nicht anders vorstellen, als daß die Salze einen ungemein feinen Überzug der winzigen Erdteilchen bilden und von diesen mit großer Kraft festgehalten werden. Soll nun eine in dem Erdreiche wurzelnde Pflanze diese Salze als Nahrung aufnehmen, so muß sie die Kraft, mit welcher die Salzmoleküle festgehalten werden, überwinden. Das geschieht aber durch eine sehr energische Anziehung, welche von den wachsenden, bauenden und Stoff verbrauchenden Protoplasten im Innern der Pflanze ausgeht, beziehentlich durch eine ausgiebige Saugung von seiten der an die Erdteilchen sich heranbrängenden und anlegenden Pflanzenzellen. Diese Saugung ist aber wieder, wie aus dem Frühern hervorgeht, bedingt durch die chemische Verwandtschaft zwischen den im Innern der Zellen befindlichen Stoffen zu den von den Flächen der Erdteilchen festgehaltenen Salzen und hängt auch ab von dem im Leibe der grünen Zellen stattfindenden Verbrauche der Nährsalze bei der Bildung organischer Verbindungen. Man stellt sich vor, daß jedesmal, nachdem durch die Saugung Nährsalze den Erdteilchen entrissen wurden, sofort ein Ersatz derselben durch Lösung aus noch unzersetzten Partikelchen in nächster Nähe oder auch durch Zuströmen aus der Umgebung stattfindet, und daß demzufolge der Konzentrationsgrad des von der Erde festgehaltenen Wassers immer nahezu der gleiche ist, oder daß doch das Gleichgewicht in kürzester Zeit immer wieder hergestellt wird. Dadurch wird der Vorteil erreicht, daß die unmittelbar an die Erdteilchen und an die von denselben festgehaltene Flüssigkeit angrenzenden Zellen stets nur mit einer Nährsalzlösung von gleichbleibendem schwachen Konzentrationsgrade in Wechselwirkung treten können, und es ist verhindert, daß diese Zellen durch Berührung mit einer sehr konzentrierten Nährsalzlösung, welche die meisten Erdpflanzen schlechterdings nicht vertragen, Schaden leiden könnten. Mit andern Worten: die Bodenabsorption ist als Regulator bei der Nährsalzaufnahme wirksam und vermittelt, daß die Nährsalzlösung in der Erde immer den für die betreffenden Pflanzen geeignetsten Konzentrationsgrad besitzt.

Selbstverständlich vollzieht sich der Übergang der Nährsalze aus der Erde in das Innere der Pflanze wieder nur unter Mithilfe des Wassers, in welchem sowohl die Inhaltsstoffe der Zellen als die Nährsalze gelöst sind, und mit dem auch die Zellhaut, durch welche hindurch die Aufsaugung erfolgt, getränkt ist. Das an den Erdteilchen adhärierende Wasser, das Wasser, von welchem die Zellhaut durchtränkt ist, und das Wasser im Innern der Pflanzenzelle sind ja in einem ununterbrochenen Zusammenhange, und auf dieser zusammenhängenden Wasserbahn wird die Wanderung der Salzmoleküle hinein und heraus leicht vor sich gehen können.

Nur selten geschieht die Aufsaugung der Nährsalze aus der Erde durch die grünen Zellen selbst. Der Vorkeim der Widerthonmoose, welcher die lehmige Erde mit seinen Fäden ganz überspinnt und in einen feinen grünen Filz einhüllt, ebenso der Vorkeim des berühmten Leuchtmooses, dessen langgestreckte, schlauchförmige untere Zellen die Erde in der Vertiefung

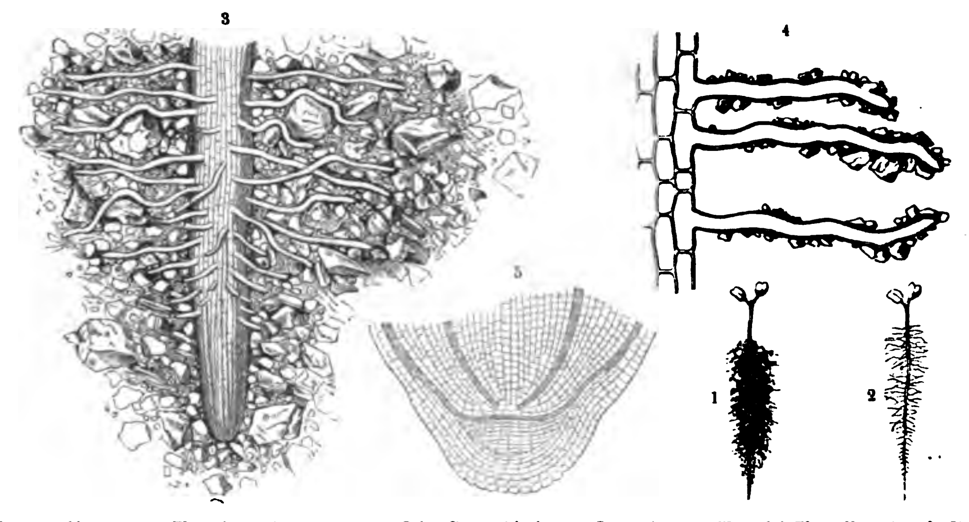
von Steinklüften durchziehen, und von welchen Fig. p auf der Tafel bei S. 22 ein Bild liefert, saugen die von ihnen benötigten Nährsalze ohne Zweifel mittels chlorophyllführender Zellen auf.

Die Mehrzahl der Erdpflanzen hat aber zur Aufnahme der gelösten Nährsalze besondere **Saugzellen.** Diese Saugzellen sind zwischen die Gemengteile der Erde eingebettet oder diesen aufgelagert und mit einem Teile derselben gewöhnlich auch verwachsen. Alle in die Erde eingedrungenen oder der Erde aufliegenden Teile der Pflanze, wenn sie der Nahrungsaufnahme vorstehen, können mit solchen Saugzellen ausgerüstet sein. Ein Laubmoos der deutschen Flora, das auf der Erde unter überhängenden Felsen wächst, wo es vom Regen nie getroffen wird, und das daher auch mit dem Regenwasser keine Nährsalze erhalten kann, nämlich das zierliche **Plagiothecium nekeroideum**, und eine in Java heimische Art, **Leucobryum Javense**, entwickeln an der Spitze ihrer grünen Blättchen Saugzellen, mehrere zarte Farne aus der Gruppe der Hymenophyllaceen zeigen sie an den unterirdischen Stengelbildungen; viele Lebermoose und die Vorkeime der Farne tragen sie an der untern Seite ihres flächenförmig ausgebreiteten, der feuchten Erde auflagernden Thallus; am häufigsten aber findet man sie dicht hinter der fortwachsenden Spitze der Wurzeln. Ihre Gestalt ist nicht gerade sehr abwechselungsreich. An den Wurzeln von Pflanzen, welche die Ursprünge kalter Gebirgsquellen besäumen, sowie an jenen vieler Sumpfpflanzen in den Niederungen stellen sie sich als verhältnismäßig große, länglich-eckige, plattenförmige, nach außen zu nicht vorgewölbte, dünnhäutige Zellen mit farblosem Inhalte dar, die dicht aneinander gefügt sind; bei einigen Nadelhölzern gleichen sie zwar im allgemeinen der eben geschilderten Form, aber die äußere Zellwand ist papillenförmig vorgewölbt, und bei den meisten andern Samenpflanzen ist die äußere Zellwand ausgestülpt, so daß die ganze Saugzelle einem äußerst zarten Schlauche gleicht, welcher senkrecht auf der Längenachse der Wurzel steht, s. Abbildung auf S. 80, Fig. 4.

Mit freiem Auge oder bei mäßiger Vergrößerung gesehen, erscheinen diese zarten Schläuche wie feine Härchen, und es wurden dieselben auch mit dem Namen **Wurzelhaare** belegt. Manchmal erscheint das Wurzelende wie mit Samt überzogen; die Saugzellen stehen dann sehr dicht gedrängt, und man hat in solchen Fällen über vierhundert derselben auf einem Quadratmillimeter gezählt; in andern Fällen ist dagegen ihre Zahl wieder so gering, daß auf einen Quadratmillimeter kaum mehr als zehn zu stehen kommen. In letzterm Falle sind sie dann gewöhnlich verlängert und mit freiem Auge deutlich zu sehen. Meistens schwankt ihre Länge von dem Bruchteile eines Millimeters bis zu 3 mm und ihre Dicke zwischen 0,008 und 0,14 mm. Nur ausnahmsweise erreichen die Saugzellen einiger im Schlamme wurzelnder Pflanzen die Länge von 5 mm und darüber. In fast allen Fällen präsentieren sich die Saugzellen der Samenpflanzen als einfache Oberhautzellen des betreffenden Pflanzenteiles und sind durch keine Querwand geteilt. Bei den Moosen und den Vorkeimen der Farne sind dagegen die Saugzellen immer durch Querwände abgegliedert und gewöhnlich auch sehr verlängert. Bei jenen Lebermoosen, welche den Gattungsnamen **Marchantia** führen, bilden sie an der untern Seite des laubartigen Pflanzenkörpers und zwar an der vom Lichte abgewendeten Seite einen dichten Filz, und einzelne dieser verfilzten Saugzellen erreichen die Länge von nahezu 2 cm. Auch die Stengel vieler Laubmoose sind in einen förmlichen Filz eingehüllt, der insbesondere an den **Barbula-**, **Dicranum-** und **Mnium-**Arten und überhaupt an allen jenen Formen, welche lebhaft grüne Blätter haben, durch die zimtbraune Farbe sehr auffällt. Mitunter sind die langgestreckten, haarförmigen Zellen, aus welchen sich dieser Filz zusammensetzt, wie die Schnüre in einem Seile schraubenförmig zusammengedreht, wie das namentlich an den Widerthonen sehr hübsch zu sehen ist. Man hat diese feinen, haarförmigen, gegliederten, verzweigten, mannigfach verfilzten und auch zusammengedrehten Gebilde der Moose Rhizoiden genannt. Es sind aber nur jene Zellen dieser Rhizoiden, welche mit den Bodenpartikelchen in Berührung kommen, wahre Saugzellen, die

andern Zellen dienen nicht mehr der Saugung aus dem Boden, sondern der Leitung der aus der Erde in die Saugzellen übergegangenen wässerigen Lösung der Nährsalze zu den Stengeln und den grünen Zellen der Blätter.

Die schlauchförmigen Saugzellen, zu welchen die Oberhautzellen der Wurzel auswachsen, stehen, wie schon bemerkt, im allgemeinen senkrecht auf der Längsachse dieser Wurzel. Sie wachsen aber nur in sehr feuchtem Boden und selbst da nicht immer geradlinig; in der Regel folgen sie bei ihrer Verlängerung einer Schraubenlinie, und es macht den Eindruck, als ob diese Bewegung den Zweck hätte, die zur Aufsaugung und zum Festhalten günstigsten Stellen in der Erde aufzusuchen. Sie drängen sich auf diese Weise in die mit Luft und Wasser erfüllten Zwischenräume der Erde ein und können dabei kleine Teilchen der Erde beiseite schieben, was insbesondere in lockerm sandigen und in schlammigem Boden geschieht. Wenn



Saugzellen an der Wurzel von Penstemon: 1. Keimpflanze; die langen Saugzellen der Wurzel („Wurzelhaare“) mit Sand verklebt. — 2. Dieselbe Keimpflanze; den anhängenden Sand durch Auswaschen entfernt. — 3. Wurzelende mit Saugzellen; 10mal vergrößert. — 4. Einzelne Saugzellen mit Erdteilchen verklebt. — 5. Durchschnitt durch das Wurzelende; 60mal vergrößert.

sie senkrecht auf einen festen, unverrückbaren Gemengteil der Erde treffen, so biegen sie seitwärts ab und wachsen, der ihnen entgegenstehenden Wand angeschmiegt, so lange fort, bis sie den unverrückbaren Körper umgangen haben, und folgen dann wieder ihrer ursprünglichen Richtung (s. obenstehende Abbildung, Fig. 3). Bei größern Körnchen der Erde angekommen, machen sie mitunter Halt, schwellen kolbenförmig an, der Kolben gabelt sich oder teilt sich in mehrere Äste, und diese umfassen und umklammern das Körnchen, so daß es aussieht, als ob sich die Finger einer Hand um dasselbe gekrümmt hätten. Während manche der Erdteilchen zwischen diesen fingerförmigen Fortsätzen eingeklemmt bleiben, werden andre in den Schlingen und Schraubenumläufen der korkzieherförmig gedrehten und oft auch verwickelten Saugzellen festgehalten. Die Mehrzahl der Erdteilchen aber, und zwar sowohl Bruchstückchen von Kalk, Quarz, Glimmer, Feldspat und dergleichen als auch die Reste von Pflanzen, welche die Erde enthält, wird dadurch festgehalten, daß die äußerste Hautschicht der Saugzellen verschleimt und zu einer gequollenen gallertartigen Masse sich umgestaltet, welche die Erdteilchen umwallt und umfließt. Trocknet dann diese verschleimte Hautschicht aus, so zieht sie sich zusammen, wird starr, und die in sie teilweise eingebetteten Erdteilchen haften jetzt so fest an den Saugzellen, daß sie selbst bei heftigem Schütteln sich nicht loslösen, und lieber die betreffenden Saugzellen an der Basis abreißen, ehe eine Trennung von dem mit ihnen verbundenen Körper erfolgt.

Die Saugzellen, welche von den Wurzeln der meisten Keimpflanzen, sowie auch jene, welche in großer Zahl von den Wurzeln der Gräser ausgehen, sind gewöhnlich ganz dicht mit Erdteilchen besetzt (s. Abbildung, S. 80, Fig. 4), und zieht man solche Wurzeln aus sandigem Boden, so erscheinen sie ringsum von einem förmlichen Sandcylinder (Fig. 1) umgeben. Saugzellen, welche von dem in grobes Gerölle eingedrungenen Wurzeln der **Clusia alba** ausgingen, hafteten so fest an diesen Geröllstücken, daß bei dem Emporziehen einer solchen Wurzel mehrere Steinchen im Gewichte von 1,8 g hängen blieben. Die gallertartige Masse, in welche die äußerste Hautschicht der Saugzellen aufquillt, hindert nicht im geringsten die Saugwirkung und erschwert durchaus nicht den Durchgang der gelösten Nährsalze. Ebensowenig bildet die innere Hautschicht, deren Dicke zwischen 0,0006 und 0,01 mm schwankt, für die Saugung ein Hindernis.

In manchen Fällen ist es übrigens nicht nur eine Auffaugung der Nährsalze, welche die Saugzellen vermitteln, sondern ein Austausch von Stoffen, d. h. es gelangen nicht nur Stoffe aus der Erde in das Innere der Saugzellen und so weiter in das Eingeweide der Pflanzen, sondern auch Stoffe aus der Pflanze durch die Saugzellen nach außen in die Erde. Unter diesen ausgeschiedenen Stoffen spielt insbesondere die Kohlensäure eine wichtige Rolle. Es wird nämlich durch dieselbe ein Teil der Erdteilchen, an welchen die Saugzellen anliegen, zersetzt und werden dadurch Nährsalze in der unmittelbarsten Umgebung der Saugzellen aufgeschlossen, die dann auch auf kürzestem Wege in die Pflanze gelangen können.

Aus der bisherigen Darstellung geht hervor, daß von den Erdpflanzen die Nährsalze durch besondere Saugzellen aufgenommmen werden. Da ist es wohl auch selbstverständlich, daß jede dieser Pflanzen ihre Saugzellen dort entwickelt, dort hinschiebt und dort in Thätigkeit setzt, wo sich eine Quelle von Nährsalzen findet. Die Träger der Saugzellen werden dem entsprechend dort hinzuwachsen und sich dort anzulegen haben, wo Nährsalze und zugleich auch das bei der Nährsalzaufnahme so wichtige Wasser zu haben sind. Die schon genannten Marchantien und die Vorkeime der Farne breiten sich flächenförmig über den Boden aus, schmiegen sich den Erhöhungen und Vertiefungen derselben an und senken von ihrer untern Seite Rhizoiden mit Saugzellen in die Zwischenräume des Erdreiches, aber nur an der Schattenseite des Lagers, weil dort die Feuchtigkeit im Vergleiche zu der gegenüberliegenden Seite eine anhaltendere und daher die Möglichkeit der ununterbrochenen Gewinnung von Nährsalzlösungen eine größere ist. Ähnlich verhält es sich auch mit den Wurzeln, welche Träger von Saugzellen sind. Wenn man ein Laubblatt der Pfefferpflanze oder das Blatt einer **Begonia** in Stücke zerschneidet und diese Stücke platt auf feuchte Erde legt, so entstehen in kürzester Zeit aus diesen Laubstücken Wurzeln, welche von den Blattrippen in der Nähe des vom einfallenden Lichte abgewendeten Randes ausgehen und senkrecht in die Erde hinabwachsen.

Daß sowohl die Wurzeln, welche von unterirdischen, als auch jene, welche von oberirdischen Stengelteilen ausgehen, mit einer aus ihrem Gewichte allein nicht erklärbaren Kraft sich abwärts senken, um in die ernährende Erde einzudringen, ist allgemein bekannt. Man sieht diese Erscheinung, welche man positiven Geotropismus genannt hat, als eine Wirkung der Schwerkraft an, glaubt, daß die Schwerkraft von der Wurzelspitze als Wachstumsreiz empfunden werde, und daß eine Übertragung dieses Reizes auf die Zone hinter der Spitze, in welcher das Wachstum der Wurzel stattfindet, erfolgt. Sehr merkwürdig ist, daß auch dann, wenn man abgeschnittene Weidenzweige umgekehrt in die Erde oder in feuchtes Moos gesteckt hat, die aus den Zweigen und zwar ganz vorzüglich an der Schattenseite derselben sich ausbildenden Wurzeln sofort, nachdem sie die Rinde durchbrochen haben, in den feuchten Boden hinabwachsen und dabei die sich ihnen entgegenstellenden Erdteilchen, Moosstengel und dergleichen mit ziemlicher Kraft beiseite schieben. Der Anblick solcher

umgekehrt in den Boden gesteckter Weidenzweige macht einen um so sonderbarern Eindruck, als die gleichzeitig mit den Wurzeln aus den Laubknospen hervorwachsenden Sprosse nicht in der Richtung der Knospenspitzen und Zweigspitzen auswachsen, sondern sich sofort von dieser Richtung abwenden und nach aufwärts krümmen. Die Wachstumsrichtung der von den Weidenstecklingen ausgehenden Wurzeln und Sprosse bleibt demnach immer die gleiche, mag der als Steckling verwendete Zweig mit seiner Basis oder, umgekehrt, mit seiner Spitze in die feuchte Erde gesteckt worden sein. Ähnliches wird beobachtet, wenn man den beblätterten, wurzellosen Sproß eines Fettkrautes (z. B. Sedum reflexum) abschneidet und an einem Faden in die Luft hängt. Mag man ihn mit der Spitze nach aufwärts gerichtet, also in jener Lage, in welcher er im Freien gewachsen war, aufgehängt haben oder ihn umkehren und so an dem Faden anbringen, daß er seine Spitze dem Boden zuwendet, immer entstehen nach kurzer Zeit Wurzeln, welche zwischen den fleischigen Laubblättern aus der Achse entspringen und unter spitzen Winkeln der Erde zuwachsen, in dem erstern Falle demnach in einer von der Sproßspitze abgewendeten Richtung, in dem letztern Falle sonderbarerweise in derjenigen Richtung, welche die Sproßspitze einhält. Hat man den Sproß nur 2 cm über der Erde in der Luft aufgehängt, so entwickeln die von ihm bodenwärts gewachsenen Wurzeln auch schon 2 cm weit von ihrer Ursprungsstelle die Saugzellen. Wurde dagegen der Sproß in einer Distanz von 10 cm über der Erde angebracht, so verlängern sich die Wurzeln bis zu 10 cm und bilden auch erst in dieser Entfernung ihre Saugzellen aus. Die Wurzeln wachsen also überhaupt so lange, bis sie den Nährboden erreichen, entwickeln, solange sie nur von der Luft umspült werden, keine Saugzellen und versehen sich mit diesen erst dann, wenn sie in die nährende Erde eingedrungen sind. Es ist bemerkenswert, daß diese Wurzeln an dem aufgehängten Fettkrautsprosse an Stellen hervorsprießen, wo unter normalen Verhältnissen, d. h. wenn man den Sproß nicht abgeschnitten und in die Luft gehängt hätte, keine Wurzeln entstanden wären. Unter die abnormen Verhältnisse gebracht und dem Verhungern ausgesetzt, sendet die Pflanze aber diese Wurzeln zu ihrer Rettung aus.

Man wird bei Betrachtung solcher Vorgänge zu der Auffassung gedrängt, daß die Pflanze wittert, wo sich ihr eine Nahrung darbietet, und daß sie dann nach solchen Stellen hin ihre Rettungsanker auswirft. Allerdings kann dieses Witterungsvermögen so gedeutet und erklärt werden, daß auf die Richtung, welche wachsende Wurzeln einschlagen, neben der Schwerkraft auch noch die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens Einfluß nehmen. Die Saugzellen der Wurzeln können Nährsalze nur dann gewinnen, wenn der Nährboden durchfeuchtet ist. Sobald nun die Wurzeln, namentlich die Verzweigungen derselben, zwischen zwei Regionen zu wählen haben, von welchen die eine trocken und die andre feucht ist, so wenden sie sich immer der letztern zu. Wenn man Samen der Gartenkresse an eine feucht gehaltene Lehmwand anlegt, so wachsen die Würzelchen, welche aus dem Samen hervorbrechen, zunächst abwärts, bringen aber dann seitlich in die feuchte Lehmwand ein. An der trocknen Seite wächst die Wurzel stärker in die Länge als an der entgegengesetzten feuchten, was dann die Krümmung gegen die Quelle der Feuchtigkeit, in dem gewählten Beispiele die feuchte Lehmwand, zur Folge hat. Es ist auch nachgewiesen, daß die Spitze des Würzelchens gegen den Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung sehr empfindlich ist. Wenn von der einen Seite eine feuchte, von der andern Seite eine trockne Schicht Einfluß nimmt, so wird die Wurzelspitze durch diesen Gegensatz im Feuchtigkeitsgehalte gereizt, der Reiz wird auf den über der Spitze liegenden wachsenden Wurzelteil übertragen, und es wird dort eine Krümmung der Wurzel gegen jene Seite veranlaßt, wo sich der feuchte Nährboden befindet. So erklärt man aus dem Vorhandensein aufzusaugender Nahrung, beziehentlich der Feuchtigkeit im Boden die Ablenkung der Wurzeln von der durch die Schwerkraft bedingten Richtung.

Recht auffallend sieht man übrigens auch an den auf der Baumborke wachsenden Verwesungspflanzen, namentlich den tropischen Orchideen und Bromeliaceen, desgleichen an den auf Baumästen wachsenden Schmarotzerpflanzen, z. B. der Mistel und den andern Loranthaceen, wie sehr die Richtung, welche von den nahrungsuchenden Wurzeln eingeschlagen wird, von der Nahrung abhängt, und daß die Wurzeln dorthin wachsen, wo sich ihnen eine Quelle von Nährstoffen bietet. Es soll die Nahrungsaufnahme dieser Gewächse allerdings erst später ausführlicher behandelt werden, aber schon hier ist es am Platze, darauf hinzuweisen, daß bei ihnen der positive Geotropismus ganz aufgehoben erscheint, und daß die wachsenden Würzelchen, welche aus dem Samen, und die Saugzellen, welche aus den kleinen Knöllchen hervorkommen, wenn man sie an die untere Seite eines Baumastes anklebt, nach aufwärts, wenn man sie seitlich anklebt, wagerecht, und wenn man sie am obern Umfange des Stammes anbringt, nach abwärts, also von allen Seiten immer gegen die Nahrung bietende feuchte Rinde des Astes wachsen.

Auch bei jenen Sumpfpflanzen, die unter Wasser keimen, erscheint der positive Geotropismus ganz zurückgedrängt. Wenn z. B. der Same der Wassernuß (Trapa natans) unter Wasser in einem Teiche keimt, so tritt zuerst die Hauptwurzel als ein wurmartiges Gebilde aus dem Löchelchen der Nuß hervor und wächst zunächst nach aufwärts; bald wird auch der eine kleinere, schuppenförmige Samenlappen emporgeschoben, während der zweite, vielmals größere Samenlappen in der Nuß stecken bleibt. Die ganze Pflanze ist aber noch immer sozusagen auf den Kopf gestellt und wächst mit der Hauptwurzel gegen den Wasserspiegel zu nach oben. Allmählich kommt nun aus der Knospe zwischen den beiden Samenlappen auch der beblätterte Stengel hervor, der sich gleichfalls im Bogen emporkrümmt, um gegen den Wasserspiegel hinzuwachsen, und zugleich entwickeln sich aus der Hauptwurzel sehr reichliche Nebenwurzeln, welchen die Aufgabe zukommt, jetzt, nachdem die im Samen aufgespeicherten Stoffe zum Wachstume aufgebraucht sind, aus dem umgebenden Wasser Nährstoffe aufzunehmen. Da sie diese, namentlich die im Wasser gelösten Nährsalze, ringsum finden, so wachsen sie auch nach allen Richtungen, nach oben und unten, horizontal nach rechts und links, vorn und hinten, und vermeiden nur sorgfältig, sich zu berühren und sich gegenseitig in ihrem Geschäfte der Auffaugung zu beirren. Erst viel später biegt sich die bisher mit ihrer Spitze noch immer gegen den Wasserspiegel gerichtete Hauptwurzel bogenförmig nach abwärts, und es entstehen dann auch aus dem Stengel neue Wurzeln, was aber für die hier berührten Fragen nicht weiter von Belang ist.

Die Bewegungen, welche die in die Erde hineinwachsenden Wurzeln ausführen, machen ganz den Eindruck des Suchens nach Nahrung. Das Wurzelende folgt bei seinem Vorwärtsdrängen einer Schraubenlinie, und es wurde die von ihr ausgeführte kreisende Bewegung mit einem fortwährenden Herumtasten verglichen. Jenen Stellen der Erde, welche sich bei der Betastung als Hindernis des Vordrängens ergeben, wird sorgfältig ausgewichen. Erfolgt dennoch eine Verletzung der Wurzelspitze, so wird der Reiz, welchen diese Schädigung veranlaßt, sofort auf den wachsenden Teil übertragen, und die Wurzel krümmt sich von der Seite, an welcher die Verletzung stattgefunden hatte, weg. Kommt die tastende Wurzelspitze in die Nähe eines Punktes, wo sich Wasser und im Wasser gelöste Nährsalze befinden, so schwenkt sie sofort in diese Richtung ein und entwickelt dort diejenigen Saugzellen, welche den Umständen angemessen und für die gegebenen Verhältnisse die passendsten sind.

Wie schon früher erwähnt, werden an den Wurzeln der meisten Erdpflanzen die Saugzellen immer nur in einer verhältnismäßig schmalen Zone hinter der fortwachsenden Spitze ausgebildet (s. Abbildung, S. 80, Fig. 3) und haben auch nur ein ephemeres Dasein. In dem Maße, wie die Wurzel wächst und sich verlängert, entstehen (immer in gleichem Abstande hinter ihrer Spitze) neue Saugzellen, während die ältern erschlaffen, zusammenfallen, sich

bräunen und zu Grunde gehen. In einem Boden, wo die dem Bedürfnisse entsprechenden Mengen von Nährsalzen und genügendes Wasser als Lösungs- und Transportmittel der Nährsalze allerwärts und zu allen Zeiten vorhanden sind, werden die Saugzellen nur selten schlauchförmig, sondern erscheinen, wie schon früher erwähnt wurde, als plattenförmige, nach außen nicht vorgewölbte Zellen. So verhält es sich z. B. bei jenen Alpenpflanzen, welche in den niemals austrocknenden Gruben und Thälchen in der Nähe von Quellen vorkommen, wie z. B. an Saxifraga aizoides und vielen andern. Wo aber die aufzusaugenden Stoffe nicht so leicht zu haben sind, vergrößert sich die Oberfläche der Saugzellen und zwar dadurch, daß die äußere Zellwand sich ausstülpt und die ganze Zelle zu einem Schlauche wird. Am meisten verlängern sich diese schlauchförmigen Saugzellen in moosigen Waldgründen, wo sich oft ziemlich große Lücken im Erdreiche finden. Gelangt eine Wurzel bei ihrem Weiterwachsen in eine solche Lücke des Erdreiches, welche mit feuchter Luft erfüllt ist, so verlängern sich die Saugzellen oft ganz außerordentlich und werden mitunter doppelt so lang als an jenen Stellen, wo die Wurzeln durch kompaktes Erdreich gewachsen waren. An der Wurzel des Schierlings (Cicuta virosa) und des Kalmus (Acorus Calamus), welche in schlammige Erde eingedrungen sind, stülpen sich die Saugzellen gar nicht aus, während dann, wenn diese Wurzeln in mäßig feuchten Boden hineinwachsen, wo eine Vergrößerung der auffaugenden Fläche von Vorteil ist, die Saugzellen zu Schläuchen werden. Auch jene Pflanzen, welche auf zeitweilig stark austrocknendem Boden wachsen, wo in den Perioden der Dürre alles, was der Erde von Flüssigkeit entrissen werden kann, herhalten muß, um die oberirdischen Teile vor dem Tode durch Vertrocknen zu retten, suchen durch Ausbildung langer, schlauchförmiger Zellen ein möglichst umfangreiches Gebiet zur Auffaugung zu gewinnen.

Anderseits ist nicht zu verkennen, daß die Form und Ausbildung der Saugzellen auch davon abhängt, ob die betreffende Pflanze viel oder wenig Wasser aus ihren oberirdischen Teilen, namentlich aus den Laubblättern, durch Verdunstung abgibt. Pflanzen, welche auf diesem Wege viel Wasser verlieren, müssen auch für einen ausgiebigen Ersatz Sorge tragen, sie müssen ein möglichst umfangreiches Gebiet im Boden auszusaugen und dem entsprechend durch Ausstülpung der Zellen zu langen Schläuchen die auffaugende Fläche zu vergrößern suchen. Aus diesem Grunde haben alle Gewächse mit sehr zarten, dünnen, flach ausgebreiteten, leicht und stark verdunstenden Laubblättern, wie z. B. das zweiblütige Veilchen (Viola biflora) und die verschiedenen Impatiens-Arten, auffallend viele und lange, schlauchförmige Saugzellen. Dagegen zeigen diejenigen Pflanzen, welche starre, lederige, durch eine dicke Oberhaut gegen eine ausgiebige Verdunstung geschützte Blätter haben, wie z. B. die Dattelpalme, platte, nicht ausgestülpte Saugzellen, weil die Verdunstung bei diesen Pflanzen eine sehr beschränkte und daher auch die Menge des nachzusaugenden Wassers eine geringere ist. Dasselbe gilt von den immergrünen Nadelhölzern, bei welchen nicht nur infolge des Baues ihrer starren Nadeln, sondern auch wegen eigentümlicher Ausbildung des Holzes das Wasser sehr langsam von den Wurzelspitzen zu den verdunstenden grünen Organen geleitet wird, und von denen auch nachgewiesen ist, daß sie sechs- bis zehnmal weniger verdunsten als die mit ihnen auf gleichem Boden wachsenden Eschen, Birken, Ahorne und andern Laubhölzer.

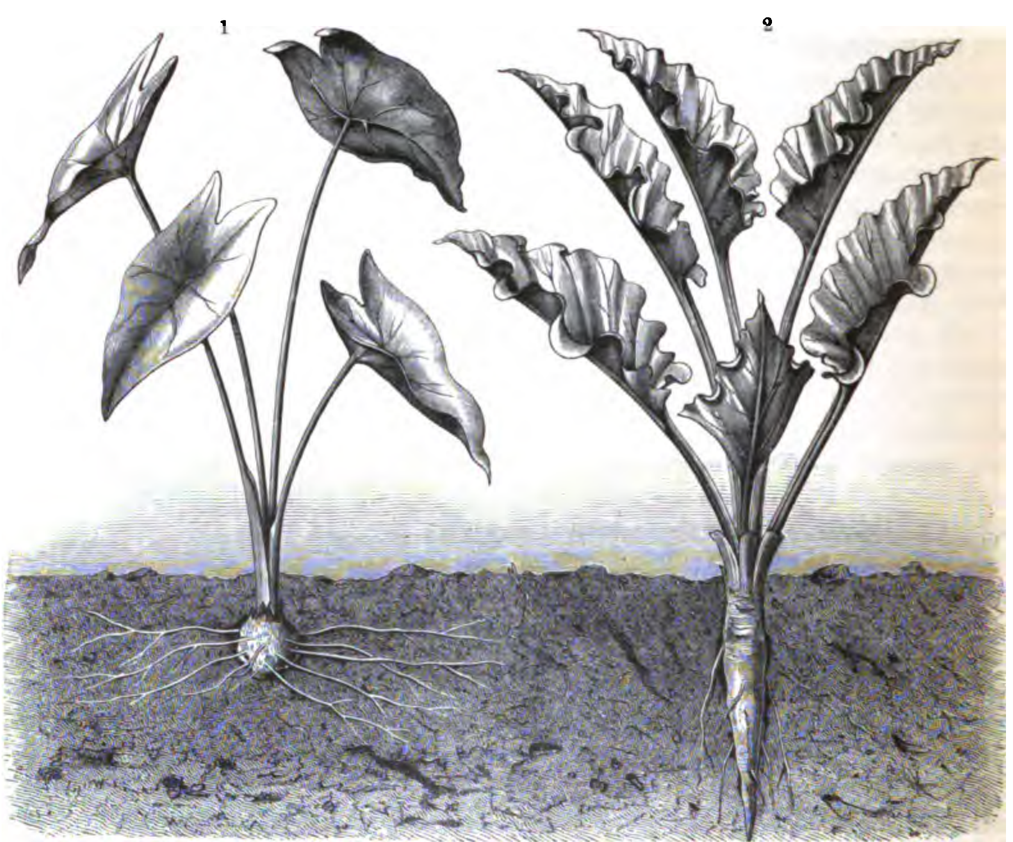
Auf die Vertretung der Saugzellen durch das Mycelium von Pilzen bei zahlreichen Laub- und Nadelhölzern und bei den immergrünen Daphnoideen, Ericineen, Pirolaceen, Epakrideen &c. sowie auf die Bedeutung der Gestalt der Saugzellen und der sie tragenden Wurzeln für die Mechanik des Einwurzelns im Boden wird später noch zurückzukommen sein.

Beziehungen zwischen der Lage der Laubblätter und der Saugwurzeln.

Wer jemals im Freien von einem plötzlich sich einstellenden Regen überfallen wurde und sich unter einen Baum geflüchtet hat, wird sich erinnern, daß das Laubdach der Krone ziemlich lange Schutz gewährt, und daß der Boden unter dem Baume entweder gar nicht oder doch nur sehr spärlich benetzt wird. Ein Teil des Regens fließt allerdings an der Borke des Baumstammes herab, und an manchen Baumarten, wie z. B. an der Eibe und Platane, ist die Menge des am Strunke herabgeleiteten Wassers sogar nicht unbedeutend; bei den meisten Bäumen aber ist das auf solche Weise zur Erde gelangende Regenwasser wenig ausgiebig und dessen Menge verschwindend klein im Vergleiche zu der Wassermenge, welche von dem äußersten Umfange der Baumkrone herabtrieft. Diese Erscheinung wird durch die Lage bedingt, welche die Flächen des Laubes zum Horizonte einnehmen. An fast allen unsern Laubhölzern, an den Linden und Birken, Birn- und Apfelbäumen, Platanen und Ahornen, Eschen und Roßkastanien, Pappeln und Erlen, sind die Blätter der Krone nach außen zu abschüssig und so übereinander gestellt, daß der Regen, welcher an den obersten Zweigen ein Blatt trifft, über die schiefe Fläche desselben gegen die Blattspitze fließt, dort sich in Tropfenform sammelt, tropfenweise auf die auswärts geneigte Fläche eines tiefern Blattes fällt, sich mit dem auch dort aufprallenden Regenwasser vereinigt und so von Stufe zu Stufe immer tiefer und tiefer, gleichzeitig aber auch immer weiter gegen die Peripherie der Krone gelangt, so daß sich schließlich nach allen Seiten am Baume eine Anzahl kleiner Kaskaden entwickelt. Von den untersten und äußersten Laubblättern der ganzen Krone stürzt dann das Wasser in großen Tropfen auf die Erde, und es ist nach jedem Regen der trockne Boden unter der Krone von einer ringförmigen Zone eines reichlich durchfeuchteten Erdreiches umgeben. Gräbt man nun an solchen Stellen nach, so überzeugt man sich, daß gerade bis zu dieser feuchten Zone die Saugwurzeln vorgedrungen sind. Um junge Bäume, deren Saugwurzeln in einem kleinen Umkreise vom Stamme liegen, ist die Krone noch wenig umfangreich, und es bildet dort auch die feuchte Zone einen entsprechend kleinen Kreis; in dem Maße aber, als die Regentraufzone sich erweitert, verlängern sich auch die Feuchtigkeit suchenden Wurzeln, und so halten Wurzeln und Laubkronen in ihrer peripheren Ausbreitung thatsächlich gleichen Schritt. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, daß das bei den Gärtnern und Landwirten übliche Beschneiden der Baumkronen und Wurzeln der zu verpflanzenden Bäume mit der eben beschriebenen Erscheinung in Zusammenhang zu bringen ist. Man hält nämlich die Regel fest, daß die Äste der Krone und die Äste der Wurzel ungefähr gleichweit verkürzt werden sollen, damit die sich ausbildenden Saugwurzeln in die Traufe der sich ausbildenden Krone gelangen.

Übrigens ist eine ähnliche Art der Abfuhr des Wassers nicht nur bei den Laubhölzern, sondern auch bei den Nadelhölzern zu beobachten. Man betrachte einmal die gewöhnliche Kiefer. Die Seitenäste sind nahe dem Hauptstamme horizontal, die Zweige bogenförmig nach aufwärts gekrümmt, und die Nadeln in der Nähe der Spitze jedes Zweiges stehen von der Achse schräg nach aufwärts, während die ältern Nadeln, welche etwas von der Spitze entfernt an der untern Seite dem fast wagerechten Teile des Zweiges aufsitzen, schräg nach abwärts und auswärts gerichtet sind. Die Regentropfen, welche die emporgerichteten Nadeln treffen, gleiten an diesen herab zur Rinde des betreffenden Zweiges und von da an andre mit ihrer Spitze nach abwärts und auswärts gerichtete Nadeln. An diesen Spitzen sieht man allmählich große Tropfen entstehen, welche schließlich sich ablösen und auf das Nadelwerk eines tiefern Astes fallen. Bei dieser Art der Leitung kommt das Regenwasser durch die Krone immer tiefer nach abwärts und zugleich auch nach auswärts. Ähnlich verhält es sich auch bei dem Lärchenbaume. Die Regentropfen, welche von den aufrechten Nadeln der büschelförmigen

Kurztriebe aufgefangen werden, sammeln sich und kommen allmählich zu den Nadeln der herabhängenden Langtriebe tieferer Äste, an deren dem Boden zugewendeten Spitzen immer große Tropfen zu sehen sind, welche schließlich eine Traufe zur Erde bilden. Bei dem pyramidenförmigen Baue der Lärche und bei dem Umstande, daß die Langtriebe auch die Endtriebe an jedem Aste sind, gelangt nahezu alles Wasser, welches auf die Lärche herabregnet, zu den Langtrieben, welche von den untersten, am meisten ausladenden Ästen herabhängen. Obschon die Lärchenbäume mit ihren zarten Nadeln gar nicht danach aussehen,



Zentrifugale und zentripetale Ableitung des Wassers: 1. an einem Calladium — 2. an einer Rhabarberpflanze. Vgl. Text, S. 87 und 88.

als ob ihre Krone gegen den Regen schützen würde, ist der Boden unter ihnen doch trocken und wird die Hauptmasse des einfallenden Regenwassers zur Peripherie hingeleitet; ja, gerade die Lärche gehört auch zu jenen Bäumen, bei welchen nur wenig Wasser an der Borke des Hauptstammes herabrieselt, und die fast allen Regen, der sie trifft, zu den Saugwurzeln in einer gewissen Entfernung vom Hauptstamme hinleiten.

Auch viele Sträucher und Stauden führen das Regenwasser, welches ihre schräg nach auswärts abschüssigen Blattflächen trifft, zu jenen Stellen des Erdreiches, in welchen die Saugwurzeln eingebettet sind, oder, besser gesagt, die Wurzeln wachsen mit ihren die Saugzellen tragenden Verzweigungen dorthin, wo die Traufe von den Blättern niedergeht und den Boden befeuchtet. Besonders auffallend sind in dieser Beziehung die Arten der Aroideengattungen Collocasia und Calladium, von welchen obenstehend ein Stock abgebildet ist (Fig. 1). Gräbt man bei den im freien Lande kultivierten

Stöcken dieser Pflanze nach, so findet man regelmäßig die Spitzen der von dem knolligen Wurzelstocke in horizontaler Richtung auslaufenden Seitenwurzeln unter den wasserabführenden Spitzen der schräg nach außen geneigten großen Blattflächen in die Erde eingebettet. Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, daß die Stiele jener Blätter, welche das Wasser zentrifugal ableiten, wie jene der Roßkastanie, der Ahorne und der Linden, aber auch vieler Sträucher, Stauden und Kräuter, wie beispielsweise der **Sparmannia**, der **Spiraea Aruncus** und der Lärchensporne (**Corydalis**), ebenso auch der Kletter- und Schlingpflanzen (z. B. **Menispermum, Banisteria, Aristolochia, Hoya, Zanonia, Tropaeolum**), an ihrer obern Seite keine Rinne zeigen, sondern stielrund und einem Drahte vergleichbar sind, an dessen oberm Ende die Blattflächen in schräger, nach außen abdachender Richtung befestigt erscheinen. Ist an einer nach außen abschüssigen Blattfläche selbst ein Rinnensystem entwickelt, so verlaufen die Rinnen immer entlang den Blattnerven und endigen an der Spitze des Blattes oder an den Spitzen der Blattlappen und zwar immer so, daß das Wasser nicht an die untere Blattseite, sondern an eine Stelle des Randes gelangt, wo es sich in Tropfenform ablösen und auf jene Blätter fallen muß, welche die nächst tiefere und weiter gegen die Peripherie vorgeschobene Stufe bilden.

In einem sehr auffallenden Gegensatze zu diesen Bäumen und Sträuchern, Kletter- und Schlingpflanzen, Stauden und Kräutern mit flach gehenden, gewöhnlich schon in geringer Tiefe sich horizontal ausbreitenden Saugwurzeln stehen jene Gewächse, welche Zwiebeln oder kurze Wurzelstöcke mit in die Tiefe gehenden Saugwurzeln besitzen, sowie diejenigen, deren tief gehende, senkrecht absteigende Pfahlwurzel die gerade Fortsetzung des Hauptstengels bildet, und deren Nebenwurzeln kurz bleiben und sich nur wenig von ihrer Ursprungsstätte entfernen. Dieser Gegensatz in den Wurzelbildungen, welcher in der Abbildung auf S. 86 dargestellt ist, zeigt sich auch oberirdisch an der Gestalt und Richtung der Blattflächen, welche das Regenwasser trifft, ausgesprochen. Die Blattflächen aller dieser Pflanzen sind nicht nach auswärts, sondern gegen die Mittelachse der Pflanze abschüssig gerichtet; sie sind auch an ihrer obern Seite konkav und zeigen dort häufig ein System von Rinnen, welches das aufgefangene Wasser gegen den Stamm, beziehentlich gegen die Pfahlwurzel und die Saugwurzeln hinleitet. Die Blätter der Zwiebelpflanzen, also beispielsweise jene der Hyazinthen und Tulpen, sind alle schräg aufgerichtet und an der obern Seite konkav, häufig sogar zu tiefen Rinnen ausgehöhlt. Durch diese Rinnen fließt denn auch das Regenwasser in zentripetaler Richtung abwärts und gelangt so direkt zu jener Stelle der Erde, wo die Zwiebeln und die von denselben an der untern Seite ausgehenden, büschelförmig gestellten Saugwurzeln eingebettet sind. Die jungen Blätter der Kannaceen sowie auch jene des Maiglöckchens sind tütenförmig zusammengerollt, und das Regenwasser, welches oben in die Tüte einfällt, wird entlang der gerollten Blattfläche, eine Schraubenlinie beschreibend, zur Erde in die Umgebung der Saugwurzeln, welche von dem kurzen Wurzelstocke ausgehen, geleitet. Sind die Blätter der mit Pfahlwurzeln ausgestatteten Pflanzen rosettig gestellt und ohne deutlichen Stiel, und liegt die Blattrosette dem Boden auf, wie z. B. bei dem Alraun, dem Löwenzahn und mehreren Wegericharten (**Mandragora officinalis, Taraxacum officinale, Plantago media**), so findet man an der Oberseite der Blätter immer eine oder mehrere Hauptrinnen, und die Blätter sind immer so gelagert und geformt, daß das auf die Rosette fallende Regenwasser gegen das Zentrum derselben, beziehentlich zu der unter dem Zentrum lotrecht in die Tiefe hinabgewachsenen Pfahlwurzel hinfließen muß. Wenn die Pflanzen, welche das Regenwasser zentripetal leiten, gestieltes Laub haben, so zeigen sie auch an der obern Seite ihrer Blattstiele immer eine deutliche Rinne, die häufig noch durch Ausbildung grüner oder manchmal auch trockenhäutiger Säume an den beiden Seitenrändern vertieft ist. Besonders schön sind solche

Rinnen an den Stielen der grundständigen Blätter der Rhabarber (s. Abbildung, S. 86, Fig. 2), der Runkelrüben, der Funkien, Päonien und der meisten Veilchen zu sehen.

Weit komplizierter als die grundständigen Blätter der mit Zwiebeln, kurzen Wurzelstöcken, Pfahlwurzeln und senkrecht in die Tiefe dringenden Saugwurzeln versehenen Pflanzen sind deren Stengelblätter gebaut. Vom Stengel hoch über dem Boden ausgehende Blätter, deren Spreiten, jenen der Rhabarberblätter ähnlich, Auffangeschalen für das Regenwasser bilden, können die entsprechende Richtung am besten dann einhalten, wenn sie stiellos sind, wenn die Basis ihrer Fläche unmittelbar an den Stengel anschließt oder in denselben übergeht. Schalenförmige Blattspreiten, von langen, aufrechten Stielen getragen, machen einen großen Aufwand von stützenden und tragenden Zellen notwendig und sind daher, im ganzen genommen, selten. Von bekanntern Pflanzen wären als Beispiel für solche von langen, steifen Stielen getragene, schalenförmige Stengelblätter nur einige Pelargonien (Pelargonium zonale, heterogamum ꝛc.) zu nennen. In den meisten Fällen sind daher die Stengelblätter, welche das Regenwasser zentripetal ableiten, entweder ohne Stiele oder doch nur sehr kurz gestielt, grenzen mit der Basis ihrer Fläche hart an den Stengel an, ziehen sich wohl auch mit ihren Rändern als Falten und Säume mehr oder weniger an ihm herab oder umgeben ihn in Gestalt von Kragen, Lappen und Öhrchen, wie das an den sogenannten stengelumfassenden Blättern der Fall ist.

Stehen die Laubblätter zu zwei und zwei gegenüber, und sind die übereinander stehenden Blattpaare gekreuzt, welche Stellung man die dekussierte nennt, so erfolgt die Abfuhr des überschüssigen Regenwassers gewöhnlich durch zwei Rinnen, welche von dem einen zum andern Blattpaare an den dazwischenliegenden Stengelgliede herablaufen. Jede Rinne beginnt mit einer Furche zwischen den Rändern der Ansätze eines Blattpaares und endigt über der Mittelrippe eines der Blätter des nächst tiefern Blattpaares. Fließt nun Wasser von obenher durch eine solche Rinne herab, so trifft dasselbe gerade jene Stelle des tiefern Blattes, wo sich auch das Regenwasser sammelt, das von der Fläche dieses Blattes aufgefangen wurde, und es wird so der Wasserstrom desto ausgiebiger, je mehr er sich dem Boden nähert. Diese Rinnen, welche man an vielen Lippenblütlern und Rachenblütlern, Primulaceen und Gentianeen, Rubiaceen und Weidenröschen, besonders schön an dem Skrofelkraute (Scrophularia nodosa), am Klappertopfe (Rhinanthus), an den Wiesengentianen (Gentiana Germanica, Rhaetica ꝛc.) und am Tausendguldenkraute (Erythraea), sehen kann, sind immer dadurch ausgezeichnet, daß sie das Wasser netzt, während die nicht rinnigen Teile desselben Stengels nicht genetzt werden. Oder aber es sind diese Rinnen mitunter auch mit Haarleisten besäumt, welche das Wasser wie die Fäden eines Dochtes aufnehmen. Mit beiden Einrichtungen wird der Vorteil erreicht, daß das Wasser durch die benetzbare Rinne oder durch die dochtartig leitenden Haarleisten nur ganz allmählich zur Basis des Stengels hinabsickert und nicht in Gestalt von Tropfen an einer Stelle abspringt. Unregelmäßig abspringende Tropfen könnten an einer Stelle die Erde treffen, unter welcher keine Saugzellen auf das Wasser warten.

Wenn die den Regen zum Stengel hinleitenden Laubblätter nicht paarweise gegenüberstehen, sondern entlang einer Schraubenlinie am Stengel angeordnet sind, so sickert auch das Wasser längs dieser Schraubenlinie von Blatt zu Blatt zur Tiefe. Manchmal finden sich auch da wieder Rinnen am Stengel, in welchen das Regenwasser hinabsickert, wie z. B. an der gewöhnlichen Heidelbeere (Vaccinium Myrtillus), deren aufrecht abstehende Blätter die niederfallenden Tropfen zu den von tiefen Rinnen gefurchten Zweigen leiten, durch die es dann wieder in die Rinnen der tiefern Äste und schließlich am Hauptstamme des ganzen Busches herab zur Erde geleitet wird. Am Germer (Veratrum album) hat dagegen wieder jedes der konkaven Stengelblätter an der obern Seite eine Menge tiefer

Längsrinnen, welche alle an der Blattbasis zusammenmünden. Das dort sich sammelnde Wasser fließt endlich über und sickert ohne Rinne über den stielrunden Stengel nach abwärts.

Sehr schön ist das Abfließen des Regenwassers entlang einer Schraubenlinie an vielen distelartigen Pflanzen zu verfolgen. Man kann die Regentropfen auch durch kleine Schrotkörner ersetzen und sieht dann an Pflanzen mit steifen Blättern besonders deutlich die Bahn,



Regenwasserableitung: 1. an der Alfredie (Alfredia cernua), — 2. an der Königskerze (Verbascum phlomoides). Vgl. Text, S. 89 und 90.

welche den auf die betreffende Pflanzenart niederfallenden Tropfen vorgezeichnet ist. Solche kleine Schrotkörner, auf eine ausgewachsene Pflanze des Saflors (Carthamus tinctorius) oder der obenstehend abgebildeten Alfredie (Alfredia cernua) gestreut, kollern über die etwas rinnig-konkave Fläche des obersten, schief aufrechten Stengelblattes abwärts, prallen an den Stengel an, welchen das Blatt mit seiner Basis halb umfaßt, kommen dann, über einen Lappen der Blattbasis rollend, aus dem Bereiche des obersten Blattes und fallen auf die Mitte der Fläche des nächst tiefern Blattes, da die stengelumfassende Basis der Blätter

eine solche Lage hat, daß jedes höher stehende Blatt mit einem seiner basilären Lappen über eine konkave Stelle des nächst tiefern Blattes zu liegen kommt. In ganz ähnlicher Weise kommen die Schrotkörner vom zweiten auf das dritte Blatt und so fort nach abwärts, bis dieselben endlich knapp neben dem Stengel die Erde erreichen. Man wird beim Anblicke dieser den Stengel in einer Schraubenlinie umkreisenden Schrotkörner an jenes Spiel erinnert, bei dem man eine kleine Kugel durch einen schraubig gedrehten Kanal auf eine mit kleinen, numerierten Grübchen versehene Platte hinabkollern läßt. Die Regentropfen, welche auf diese distelartigen Pflanzen fallen, verfolgen natürlich denselben Weg, welchen die Schrotkörner einschlagen, nur ist beim Niederfallen der Wassertropfen noch der Umstand zu berücksichtigen, daß nicht allein das oberste Blatt, sondern alle Blätter, welche der Stengel trägt, zur Aufnahme von Regen geeignet sind, und daß infolgedessen die fallenden Tropfen von Blatt zu Blatt, durch neue Zuflüsse verstärkt, immer größer und größer werden.

Etwas abweichend von dieser Wasserleitung, wie sie beim Safflor und der nickenden Alfredie vorkommt, ist jene, welche man an der Marienbistel (Silybum Marianum) und der Eselsdistel (Onopordon), dann an der auf S. 89 abgebildeten Königskerze (Verbascum phlomoides) beobachtet. Die obern, den Stengel mit zwei Lappen halb umfassenden Blätter sind gerade so aufgerichtet wie bei dem Safflor und bei der nickenden Alfredie und leiten das Wasser auch genau in derselben Weise nach abwärts; aber die Blätter in der Mittelhöhe des Stengels sind nur bis zu etwa zwei Dritteln ihrer Länge aufgerichtet, das oberste Drittel mitsamt der Spitze ist nach außen hin abschüssig und abwärts gebogen. Was von den Regentropfen auf dieses äußere Drittel fällt, wird daher in zentrifugaler Richtung abfließen und tropft auch thatsächlich von der Spitze des Blattes ab. Nun aber sind bei allen diesen Gewächsen die Blätter desto kürzer, je weiter sie nach oben zu am Stengel entspringen, so daß sich der allgemeine Umriß der Pflanze mit einer schlanken Pyramide vergleichen läßt. Infolge dieses Verhältnisses tropft das Wasser von den aus- und abwärts gebogenen Spitzen höher stehender Blätter auf eine Stelle eines tiefer stehenden Blattes, welche bereits gegen den Stengel zu abdacht und das Wasser zentripetal leitet. Auf diese Weise gelangt schließlich doch das ganze eine solche Pflanze treffende Regenwasser in die nächste Umgebung der Pfahlwurzel und kommt so den von dieser ausgehenden Saugwurzeln zu gute. Bei der Marienbistel (Silybum Marianum) ist der Rand der Stengelblätter sehr stark gewellt, und durch diese Wellung entstehen an jeder Seite drei bis vier Hohlkehlen, durch welche bei heftigen Regengüssen ein Teil des auffallenden Wassers auch seitlich abfließt. Aber auch dieses seitlich vom Blattrande abträufelnde Wasser kommt auf die zentripetal leitenden Teile tiefer stehender Blätter und vereinigt sich so wieder mit den auf andre Art in die Tiefe gelangenden kleinen Wasserströmen.

Pflanzen mit zweizeilig gestellten Blättern, die das Regenwasser zentripetal ableiten, sind ziemlich selten. Das auffallendste Beispiel für diese Gruppe ist wohl die japanische Tricyrtes pilosa, deren Laubblätter infolge eigentümlicher Verschiebung sich an den ausgewachsenen Stengeln sehr regelmäßig übereinander in zwei Reihen stellen. Jedes Blatt umfaßt den Stengel mit zwei Lappen, ist aber an der Basis etwas schräg gestellt, so daß einer dieser Lappen höher, der andre tiefer zu stehen kommt. Auch schließt sich der höher stehende Lappen dicht an den Stengel an, während der andre, tiefer stehende eine Abflußrinne darstellt, welche genau über der konkaven Fläche des nächst tiefer stehenden Blattes der andern Seite mündet. Fällt Regen auf diese Pflanze, so fließt das von einem Blatte aufgefangene Wasser durch die breite Abflußrinne auf das nächst tiefere Blatt der zweiten Seite, von diesem entwickelt sich wieder ein etwas verstärkter Wasserstrom, der auf ein Blatt der ersten Seite herabfällt, und es bildet sich hier eine eigentümliche Kaskade aus, welche von Blatt zu Blatt, jetzt zu dieser, dann zu jener Seite, im Zickzack dicht am Stengel zur Tiefe geht.

Es wäre unrichtig, sich vorzustellen, daß die im vorhergehenden geschilderten Einrichtungen ausschließlich die ihnen beigelegte Bedeutung haben. Für manche Pflanze ist es ziemlich gleichgültig, nach welcher Seite das Regenwasser von den Blättern abtropft. So z. B. für alle jene Sumpfpflanzen, welche im Schlamme unter Wasser wurzeln, da in diesen Fällen das Wasser beim Abtropfen doch nur in der Wassermasse des Teiches oder Sumpfes aufgeht und nicht zu einer bestimmten Stelle, wo sich die Saugwurzeln finden, hingeführt werden könnte. Bei dem Froschbisse, der Schilflilie, dem Pfeilkraute (Alisma, Butomus, Sagittaria) ist daher auch ein Zusammenhang zwischen der Richtung und Form der Laubblätter und der Lage der Saugwurzeln nicht zu erkennen.

Dagegen ist bei den rohrartigen Gewächsen (Arundo, Phragmites, Phalaris) eine Einrichtung getroffen, welche augenscheinlich den Zweck hat, zu verhindern, daß das Regenwasser zwischen Halm und Blatt sich ansammelt. Wie bei Gräsern überhaupt, ist auch bei den genannten Rohrarten der Halm mit Knoten versehen, und von jedem Knoten geht ein Laubblatt aus, welches den Halm mit seinem untern Teile wie eine Röhre oder wie die Messerscheide die Klinge umfaßt, während der obere Teil des Blattes flächenförmig, bandartig oder hohlkehlenförmig ausgebreitet ist und weit vom Halme absteht. Jedes Blatt kann wie eine Windfahne um den Halm herumgedreht werden. Dort, wo der scheidenförmige in den abstehenden Teil unter einem stumpfen Winkel übergeht, sieht man dicht an der Beugungsstelle am Rande des Blattes zwei deutliche Eindrücke, welche sich als Ableitungsrinnen darstellen, und über welche auch ein Teil des als Regen auf die Blattflächen des Röhrichtes herabfallenden Wassers abfließt. Überdies ist aber hier noch ein sehr zierlicher Schutzwall in Gestalt einer Leiste oder eines aufrecht stehenden trocknen Häutchens (der sogenannten Ligula) angebracht. Dieses Häutchen, welches gewissermaßen der röhrenförmigen Blattscheide aufgesetzt ist, liegt so, wie die Blattscheide selbst, dem Halme knapp an. Kommt nun Regenwasser zu dieser Stelle herabgeflossen, so staut es sich an dem trocknen Häutchen als an einem vortrefflichen Schutzwalle und fließt rechts und links durch die erwähnten Rinnen ab. So wird verhindert, daß sich das Regenwasser in dem Raume zwischen Halm und Blattscheide ansammelt, wo es nichts weniger als vorteilhaft, ja vielmehr entschieden nachteilig sein würde. Bei manchen Rohrarten ist dieser Ableitungsapparat noch wesentlich dadurch vervollständigt, daß sich am Saume des Häutchens Haare finden, welche neben der Rinne herabhängen und die wie ein Docht, durch den das Wasser in eine bestimmte Bahn geleitet wird, wirksam sind.

Auch bei vielen Doldenpflanzen (z. B. Angelica, Heracleum) gelangt das Wasser durch die rinnenförmigen Bildungen an den Blattflächen und Blattrippen nicht in die ausgeweitete, oft blasenförmig aufgetriebene, den Stengel teilweise umhüllende Blattscheide, sondern staut sich an einem Walle, welcher von den zusammenneigenden Enden der Blattscheide gebildet wird, und tropft von dort in die Tiefe hinab. Das Wasser, welches man sehr regelmäßig auch in den Blattscheiden der Doldenpflanzen angesammelt findet, kommt von den blütentragenden Stengeln, deren jeder an seiner Basis von einer solchen Blattscheide umwallt ist, herab. Bei manchen Aroideen, deren Blätter im jugendlichen Zustande dem Stengel eng anliegen, ist der Blattstiel gewissermaßen ein Abdruck des betreffenden stielrunden Stengelteiles, und auch dann, wenn das Blatt seine volle Größe erreicht hat, erscheint der Blattstiel noch als eine rinnige Hohlkehle, obschon von dem auf die große nach außen geneigte Blattfläche fallenden Regen kein Tropfen durch diese Rinne zum Stamme hingeleitet wird. Es ist aber auch vermieden, daß das wenige Wasser, welches als Regen direkt in den obern Teil der hohlkehlenförmigen, großen Blattstiele fällt, bis zum Stamme gelangt. Bei der auch als Dekorationspflanze so häufig kultivierten prächtigen brasilischen Aroidee, die unter dem Namen Philodendron pertusum bekannt ist, findet sich z. B. eine

kräftige Leiste in schräger Richtung durch die Rinne des Blattstieles gespannt, an welcher sich das Wasser staut und, bevor es noch zum Stamme gelangt, zum Überfließen gezwungen wird.

Es wird sich später noch Gelegenheit bieten, zu zeigen, inwiefern die Zuleitung des Regenwassers nach bestimmten Stellen auch für die Wasseraufnahme durch oberirdische Teile der Pflanze und ebenso für die Regulierung der Transpiration von größter Wichtigkeit ist, und wie durch diese Wasserableitungsapparate häufig nicht nur die Saugzellen an den Enden der Wurzeln in der Erde, sondern zugleich auch eigentümliche Organe an den Laubblättern mit Wasser versorgt werden.

---

3. Aufnahme organischer Stoffe aus verwesenden Pflanzen und Tieren.

Inhalt: Die Verwesungspflanzen und ihr Verhältnis zu den verwesenden Körpern. — Verwesungspflanzen im Wasser, auf der Borke der Bäume und an Felsen. — Verwesungspflanzen im Humus der Wälder, Wiesen und Moore. — Besondere Beziehungen der Verwesungspflanzen zum Nährboden. — Pflanzen mit Fallen und Fanggruben für Tiere. — Tierfänger, welche beim Fange Bewegungen ausführen. — Tierfänger mit Klebevorrichtungen.

Die Verwesungspflanzen und ihr Verhältnis zu den verwesenden Körpern.

Wenn von Gewächsen die Rede ist, welche die bei der Verwesung gebildeten organischen Verbindungen aus ihrem Nährboden aufnehmen, so denkt jeder zunächst an das große Heer der Pilze, welches sich überall einstellt, wo abgestorbene Tiere und Pflanzen in Zersetzung begriffen sind, man erinnert sich an die Schimmelbildungen, die Schleimpilze, die Boviste und Hutschwämme, welche aus den Pflanzen- und Tierleichen emporwachsen, und in deren Umgebung der umheimliche Leichen- und Modergeruch so auffallend hervortritt.

In der That gehören auch sehr zahlreiche dieser Gewächse hierher, ja ein Teil derselben ist geradezu die Ursache jener chemischen Zersetzung abgestorbener Pflanzen und Tiere, welche man die Verwesung nennt. Ihre zartwandigen, langgestreckten Zellen, die sogenannten Hyphen, durchziehen wie Fäden die toten Körper und bilden, indem sie sich zu Strängen, Bündeln, Netzen und Häuten vereinigen, das, was man ein Mycelium heißt. An manchen Orten kann man mit freiem Auge solche Mycelien große Flächen überziehen sehen, so namentlich in feuchten Kellern, Bergwerksstollen und Eisenbahntunnels, wo sie als zarte, weißliche Gespinste und Häute altes, morsches Holzwerk bekleiden. Die Bälge und Fruchtstiele der Trauben und andrer Abfälle, welche nach dem Auspressen des Mostes im Freien am Rande der Weinberge aufgeschichtet werden, sind von den Mycelien gewöhnlich so ganz und gar durchwuchert, daß die aufgeschichtete Masse eine ganz andre Färbung erhält. Auch das sogenannte Schwammweiß, welches man benutzt, um in eignen Beeten Champignons heranzuziehen, ist nichts andres als ein Mycelium, welches den zur Anzucht verwendeten Dünger ganz durchsetzt und demselben ein weiß gesprenkeltes Aussehen verleiht.

Außer den Pilzen gehören aber auch zahlreiche Laub- und Lebermoose, Farne, Bärlappe und Blütenpflanzen zu jenen Gewächsen, welche aus den Produkten der Verwesung organische Verbindungen als Nahrung aufnehmen.

Um zu erraten, ob eine Pflanze nur mineralische, durch Zersetzung aus der Erde in löslichen Zustand übergegangene Stoffe oder nur organische, bei der Verwesung abgestorbener Pflanzen- und Tierkörper disponibel gewordene Stoffe aufnimmt, hält man sich

gewöhnlich an den Zustand und das Aussehen des Nährbodens und berücksichtigt zunächst, ob dieser ausschließlich oder vorwaltend aus einer verwesenden organischen Masse gebildet wird. Damit ist aber nur ein sehr unsicherer Anhaltspunkt gegeben; denn einerseits ist es möglich, daß Gewächse, welche ausschließlich in einer verwesenden organischen Unterlage wurzeln, dieser dennoch nur mineralische Salze, also nur unorganische Verbindungen, entziehen, während anderseits gewiß der Fall häufig vorkommt, daß Sand oder Lehm, der anscheinend keine organischen Beimengungen enthält, durch Wasser genetzt wird, welches aus einer benachbarten Humusschicht herbeisickert und organische Verbindungen in Lösung mitbringt. Was das erstere anbelangt, so ist folgende Erscheinung sehr lehrreich. In Flüssigkeiten, welche man in der Weise herstellt, daß eine geringe Menge mineralischer Nährsalze (saures phosphorsaures Kali 12 mg, phosphorsaures Natron 12 mg, Chlorcalcium 27 mg, Chorkalium 40 mg, schwefelsaure Magnesia 20 mg, salpetersaures Ammoniak 10 mg und einige Tropfen Eisenchloridlösung auf ein Liter destilliertes Wasser) in destilliertem Wasser aufgelöst und dabei jede Beimengung einer organischen Verbindung sorgfältigst vermieden wird, kann man Mais, Gerste und andre Cerealien heranziehen. Die gekeimten Pflanzen entwickeln Wurzeln, welche sich in diese Flüssigkeit einsenken und derselben die mineralischen Nährsalze nach Bedarf entnehmen; sie treiben auch Stengel und Laubblätter, kommen zum Blühen und reifen schließlich keimfähige Samen aus. Erzieht man zugleich Mais- oder Gerstenpflanzen in einem stark gedüngten Boden, so daß sich deren Wurzeln in die verwesende Masse des Düngers einsenken müssen, so entwickeln sie gleichfalls Blätter, Blüten und Früchte. Die Untersuchung der Aschen weist nachträglich in derjenigen Pflanze, welche aus dem Dünger die Nahrung aufgenommen hat, dieselben Nährsalze auf, welche die in der künstlichen, von organischen Verbindungen ganz freien Nährsalzlösung gezogene Pflanze enthält. Aus einem solchen Ergebnisse kann aber der Schluß gezogen werden, daß die betreffende Pflanze befähigt ist, ihren Bedarf an Nährsalzen sowohl aus humusloser, düngerfreier Erde als auch aus Humus oder Dünger zu entnehmen, und daß sie in letzterm Falle neben den bei der Verwesung frei werdenden mineralischen Bestandteilen des Humus oder Düngers nicht immer notwendig auch organische Verbindungen aufsaugen muß.

Was den zweiten oben berührten Punkt anbelangt, daß nämlich Gewächsen, welche in humuslosem Sande oder Lehme wurzeln, dennoch organische Verbindungen durch das aus einer benachbarten Humusschicht herbeisickernde Wasser zugeführt werden kann, so ist zunächst darauf hinzuweisen, daß gerade diejenigen Gewässer, von denen es am wenigsten vermutet wird, nämlich klare, kalte Gebirgsquellen, sehr regelmäßig Spuren von organischen Verbindungen enthalten. Wenn man die Analysen von Mineralquellen durchsieht, so findet man unter den Bestandteilen derselben meistens auch verbrennbare Stoffe aufgeführt, welche von der Zerstörung organischer Körper herrühren. Auch die einst unter dem Namen Quellsäure von Berzelius unterschiedene Säure ist ohne Zweifel ein Ergebnis der Verwesung von Pflanzenteilen in jenem Gebiete, wo die Quelle ihr Wasser sammelt. Ebenso ist die Humussäure eine bei der Verwesung entstehende Verbindung, welche zwar nur unvollkommen bekannt und vielleicht der Inbegriff mehrerer Säuren ist, von der man aber so viel weiß, daß sie in Wasser leicht löslich ist und mit Alkalien im Wasser leicht lösliche Verbindungen bildet. In den Bächen, welche wald- und wiesenreiche Gelände durchrieseln, ebenso in den kleinen Gebirgsseen, die an Torfmoore angrenzen, und in den Tümpeln der Torfmoore selbst reagiert das Wasser sauer, ist braun gefärbt und enthält immer organische Stoffe gelöst.

Es sind in dieser Beziehung auch die nachfolgenden Beobachtungen besonders interessant. In einem Stollen des Salzbergwerkes in Hallstatt (Oberösterreich), welcher durch den Felsen

gehauen ist, und in dem sich kein Einbau, keine Verkleidung der Wände, kurz keinerlei Holzwerk befindet, war über dem glatten Kalksteine der Decke das Mycelium eines Pilzes (einer Omphalia), welches ohne Zweifel organischer Verbindungen als Nahrung bedarf, ausgebreitet. Ringsum war im Stollen kein in Zersetzung begriffener Tier- oder Pflanzenrest vorhanden, und das Mycelium ernährte sich nur durch Vermittelung des Wassers, welches, von obenher durch einige enge Ritzen des Gesteines in den Stollen eingesickert, die Fläche des Felsens netzte. Dieses Wasser kam von einer Wiese her, welche hoch oben über dem Stollen sich ausbreitete. Zwischen dem Stollen und dieser Wiese befand sich eine mächtige Schicht des Kalksteines und darüber noch eine tiefe Erdkrume. Das Wasser war farblos und klar, enthielt etwas Kalk, von organischen Stoffen aber keine Spur, welche hätte nachgewiesen werden können. Und dennoch mußte dieses Wasser von der Wiese am Tage organische Stoffe in die Tiefe mitgebracht haben, deren äußerst geringe Menge genügte, um ein üppiges Wachstum des Pilzmyceliums zu ermöglichen.

Im Volderthale nächst Hall in Tirol fließt aus Schiefergestein in einer Seehöhe von 1000 m eine kalte und klare Quelle, deren Ursprungsstelle mit einem dichten, dunkeln Filze ganz erfüllt ist. Der Filz, von welchem man handgroße Fetzen und Flocken herausheben kann, ist gleichfalls das Mycelium eines Pilzes und zwar wahrscheinlich einer Peziza. Derselbe haftet an den Schieferplatten, zwischen welchen das Quellwasser reichlich hervorrieselt, und kann seine Nahrung gleichfalls nur aus diesem Wasser erhalten. In der Umgebung der Quelle breiten sich Nadelwälder und Wiesen aus, aber es findet sich dort durchaus nicht mehr Pflanzenwuchs und auch nicht mehr Humus und morsches Holzwerk als in der Umgebung andrer Quellen.

Diese Fälle zeigen zur Genüge, daß selbst in den klarsten Gebirgsquellen eine wenn auch äußerst geringe, aber doch zur Ernährung von Pilzen genügende Menge organischer Stoffe gelöst enthalten ist. Wenn man die Entstehung der Quellen berücksichtigt, so kann ein solches Resultat eigentlich nicht überraschen. Die Quellen werden von den atmosphärischen Niederschlägen gespeist. Das in die Tiefe sickernde Wasser dieser Niederschläge passiert zunächst eine mit Pflanzen bewachsene Erdkrume, welche in ihren obersten Schichten mehr oder weniger Humus enthält. Daß nun auf diesem Wege das Wasser eine kleine Menge von Verwesungsprodukten aufnimmt, ist unvermeidlich, und wenn auch in tiefern Schichten der Erde wieder ein Teil dieser gelösten Verwesungsprodukte abgegeben wird, immerhin bleiben noch Spuren derselben in dem viel tiefer als Quelle zu Tage tretenden Wasser zurück. Was sich aber an den größern Wasseradern, die als Quellen zu Tage treten, zeigt, das findet sich gewiß auch an den kleinen Wasseräderchen, welche sich aus der durch den Regen und durch Schneewasser durchfeuchteten Dammerde des Waldgrundes und aus der Humusdecke der Wiese entspinnen, in die Tiefe sickern und in den dort befindlichen Sand oder Lehm übergehen. Pflanzen, welche in dieser tiefern Schicht der Erdkrume ihre Wurzeln verzweigen, erhalten daher dort die von dem Wasser mitgebrachten organischen Verbindungen und haben noch überdies den Vorteil, daß sie zugleich auch das etwaige Bedürfnis an mineralischen Stoffen befriedigen können, was nicht nur für Blütenpflanzen, sondern auch für manche Pilze, wie z. B. für die viel Kalk verlangenden Phallus-Arten, von Wichtigkeit ist. Damit hängt aber die sonst nur schwer zu erklärende Erscheinung zusammen, daß in den Wald- und Wiesengründen sowohl die obere braune oder schwarze Humusschicht als auch der darunterliegende gelbe, humuslose Lehm oder selbst der bleiche, humuslose Sand von den Mycelien der Pilze ganz durchsetzt ist, und daß dort selbst kleine Gesteinstrümmer von den Mycelien umsponnen werden. Ja, mitunter ist diese untere Erdschicht weit mehr von den Geflechten aus Pilzfäden durchzogen als die obere Schicht aus Dammerde. Orte, wo die Humusschicht nicht zu mächtig ist, und wo man

schon in geringer Tiefe auf den Lehm oder Sand stößt, beherbergen darum auch die meisten Verwesungspflanzen; dort aber, wo die Reste verwesender Pflanzen meterhoch aufgespeichert sind, wie z. B. in den Mooren, wo man erwarten sollte, daß eine ungemein reiche Pilzvegetation sich entwickelte, sind solche Gewächse nur spärlich zu sehen. Reiner Torf ist dem Fortkommen der Pilze nichts weniger als zuträglich, was freilich auch in der antiseptischen Wirkung gewisser dort entwickelter Verbindungen teilweise begründet sein mag.

Aus alledem geht hervor, daß *aus dem bloßen Ansehen des Nährbodens ein sicherer Schluß auf die Natur der in demselben wurzelnden Pflanzen nicht möglich ist.* Es stellt sich zugleich heraus, daß die Bedingungen für das Gedeihen von Pflanzen, welche organischer Verwesungsprodukte als Nahrung bedürfen, in einem weit größern Umfange gegeben sind, als man bei flüchtiger Betrachtung der Verhältnisse in Wald und Flur und bei ausschließlicher Berücksichtigung der in gedüngter, fortwährend umgewühlter Ackererde gezogenen Kulturpflanzen glauben möchte. Es wird nun auch die Mannigfaltigkeit der auf einem beschränkten Platze vorkommenden Pflanzen verständlich. Aus derselben Dammerde nehmen die einen nur organische Verbindungen, die andern nur mineralische Stoffe und wieder andre teils organische, teils mineralische Nährsalze auf. Nicht das spärliche oder reichliche Vorhandensein bestimmter Substanzen im Nährboden ist dabei das Entscheidende, sondern vor allem das besondere Bedürfnis jeder einzelnen Art und in letzter Linie die spezifische Konstitution des Protoplasmas der nebeneinander auf ganz verschiedene Weise sich ernährenden Pflanzen.

Wenn so das äußere Ansehen und der Gehalt des Nährbodens an Humus keine sichern Anhaltspunkte bieten, um zu entscheiden, ob eine gegebene Pflanze sich von organischen Verwesungsprodukten nährt oder nicht, so dürfte vielleicht der Umstand Aufschluß geben, ob das in Betracht kommende Gewächs Chlorophyll enthält, oder ob dessen Protoplasma dieser grünen Einschlüsse entbehrt. Mit Rücksicht auf zahlreiche Ergebnisse der Forschung kann als gewiß angenommen werden, daß die Zerlegung des von der Pflanze aus der Luft aufgenommenen Kohlendioxydes und die Bildung jener organischen Verbindungen des Kohlenstoffes, Wasserstoffes und Sauerstoffes, welche Kohlenhydrate genannt werden und welche im Haushalte der Pflanzen eine so große Rolle spielen, nur in jenen Organen stattfinden, welche durch Chlorophyll grün gefärbt sind. Wenn wir auf diesen Vorgang auch später noch ausführlich zurückkommen, so ist es doch schon hier am Platze, denselben in unsre Erwägungen einzubeziehen. Man sollte also glauben, daß Pflanzen, welche schon fertige organische Verbindungen aus ihrem Nährboden beziehen, sich die Erzeugung derselben ersparen könnten, und daß dann auch das Chlorophyll für sie überflüssig wäre. Der Mangel an Chlorophyll in jenen Pilzen, welche recht eigentlich das Vorbild der Verwesungspflanzen sind, unterstützt noch wesentlich diese Mutmaßung. Anderseits gibt es aber wieder Gewächse, welche diese Annahme, wenigstens in ihrer Allgemeinheit, unzulässig erscheinen lassen. In Gebirgsgegenden, wo der Weidegang der Haustiere im Bereiche der Wälder und Almtriften üblich ist, bemerkt man auf den Lagerplätzen sowie entlang den von den Rindern eingehaltenen Pfaden an beschränkten Stellen Moose, welche durch ihr schönes Grün besonders auffallen. Sieht man näher zu, so ergibt sich, daß man es mit den merkwürdigen Splachnaceen zu thun hat, welche sich die Exkremente der Tiere als Nährboden gewählt haben. Genau so weit, wie der Umfang eines Kuhfladens reicht, erstreckt sich auch der Bestand aus dem smaragdgrünen Splachnum ampullaceum; darüber hinaus ist keine Spur desselben zu sehen. Es macht dieses Moos alle seine Entwickelungsstadien auf der genannten Unterlage durch. Zuerst werden die durch den Regen oder durch das Wasser auf moorigen Triften feucht gehaltenen Fladen von dem Vorkeime übersponnen und erhalten dadurch einen eigentümlichen grünlichen Schimmer an der Oberfläche, später

sprießen Hunderte von grünen, dicht belaubten Stämmchen hervor, und auch die Sporengehäuse, welche winzigen antiken Krügen ähneln und zu dem Zierlichsten gehören, was die Mooswelt aufweist, werden sichtbar. Ähnlich wie Splachnum ampullaceum auf dem Kote der Rinder, findet sich Tetraplodon angustatus auf den Exkrementen von Fleischfressern angesiedelt, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß diese sowie überhaupt die meisten Splachnaceen echte Verwesungspflanzen sind. Ähnliches gilt von den aus den Hormidium-Zellen ausgeschlüpften grünen Euglänen, welche in den Gebirgsdörfern und auch bei den Sennhütten die stinkende Jauche in den Düngergruben und in den Pfützen nächst den Viehställen erfüllen und sich so massenhaft vermehren, daß die Flüssigkeit binnen wenigen Tagen nicht mehr braun, sondern grün erscheint.

Es gibt also Pflanzen, welche, obschon ausschließlich organische Verbindungen aus dem Nährboden aufnehmend, dennoch Chorophyll enthalten und zwar in so großer Menge, daß dessen Vorkommen durchaus nicht als nebensächlich angesehen werden kann. Daraus darf aber gefolgert werden, erstens, daß der Mangel an Chlorophyll kein Erkennungszeichen der Verwesungspflanzen ist, und zweitens, daß die aufgenommene organische Nahrung von den eben genannten Pflanzen nicht sofort unverändert zum Aufbaue und Ausbaue ihres Leibes verwendet werden kann, sondern daß dieselbe gerade so wie die mineralische vor der Verwendung als Baumaterial noch mannigfache Veränderungen durchmachen, also gewissermaßen noch verdaut werden muß. Es ist wahrscheinlich, daß die grünen Verwesungspflanzen den Kohlenstoff ihrem Nährboden in einer Form und Verbindung entnehmen, in der er zur Erzeugung von Zellstoff und andern Kohlenhydraten nicht geeignet ist. Den nicht grünen Verwesungspflanzen muß der aus dem Nährboden aufgenommene Kohlenstoff in einer Verbindung zukommen, welche die Gegenwart des Chlorophylls überhaupt überflüssig macht, womit freilich nicht gesagt sein soll, daß alle von den nicht grünen Verwesungspflanzen aufgenommenen organischen Verbindungen sofort und ohne vorhergehende Umsetzung als Baustoffe verbraucht werden können.

Überblickt man unbefangen alle diese Verhältnisse, so drängt sich die Überzeugung auf, daß eine scharfe Grenze zwischen den Pflanzen, welche organische, und jenen, welche anorganische Verbindungen aus dem Nährboden aufnehmen, nicht besteht, und daß es gewiß Pflanzen gibt, welche die einen wie die andern Stoffe zugleich aufsaugen können. Diese Überzeugung wird auch noch durch den Nachweis befestigt, daß Pflanzen, welche in künstlichen Lösungen von mineralischen Nährsalzen unter Ausschluß organischer Verbindungen mit Erfolg herangezogen werden konnten, bei wiederholtem Versuche auch die ihnen gebotenen organischen Verbindungen nicht ganz verschmähten, sondern einige dieser Verbindungen (Harnstoff, Harnsäure, Glykokoll 2c.) unzweifelhaft aufnahmen und zu Bestandteilen ihres Leibes verarbeiteten.

Wenn wir aber trotz der Unmöglichkeit, eine scharfe Grenze zu ziehen, dennoch die Aufnahme organischer Verbindungen besonders behandeln, so geschieht das nur darum, weil eine solche Gliederung des Stoffes den besten Einblick und die beste Übersicht in und über die sonst nur schwer darstellbaren Verhältnisse der Nahrungsaufnahme gewährt. In den einzelnen Fällen wird man sich bei der Entscheidung der Frage, ob eine gegebene Pflanze ausschließlich oder doch vorwaltend auf organische Nahrung aus verwesenden tierischen und pflanzlichen Resten angewiesen ist oder nicht, auf Kulturversuche zu stützen haben und bei dem Mangel besserer Anhaltspunkte auch die Ergebnisse der gröbern Versuche der Gärtner nicht unbeachtet lassen dürfen, allerdings mit dem Vorbehalte, daß diese letztern möglicherweise durch spätere exakte Versuche manche Berichtigung erfahren werden.

Verwesungspflanzen im Wasser, auf der Borke der Bäume und an Felsen.

Von besondern Fällen der Aufnahme organischer Verbindungen aus verwesenden Körpern ist zuerst der Wasserpflanzen zu gedenken. Wo im Meerwasser ein reiches Tier- und Pflanzenleben entfaltet ist, fehlt es auch nicht an reichlichen Abfällen, und auch der Tod und die Verwesung halten dort reiche Ernte. An solchen Orten ist selbstverständlich die Menge der im Wasser gelösten, durch Zersetzung gebildeten organischen Verbindungen eine größere als dort, wo die Vegetation und die Tierwelt mehr zurücktreten. Längs den Küsten, insbesondere in den seichten Einbuchtungen derselben, ist im Meere eine weit mannigfaltigere Flora und Fauna anzutreffen als in weiterer Entfernung vom Ufer. Naturgemäß ist auch an solchen Stellen die Zahl der Tier- und Pflanzenleichen eine größere. Eine Fülle organischer Reste wird bei der Flut und durch die anlaufenden Wellen bei Stürmen an das Ufer geworfen, verwest dort während der Ebbe, wird bei der nächsten Flut teilweise wieder zurückgeholt, neuerdings ausgeworfen, und so ist nicht nur der Strand ein immer gut besetztes Leichenfeld, sondern auch das Meerwasser längs des Strandes ist mit den Zersetzungsprodukten der toten Organismen mehr erfüllt als auf hoher See.

Wo zudem die Menschen sich angesiedelt haben, in der unmittelbaren Umgebung von Seestädten, wird die Masse der Abfälle und Auswurfstoffe noch erheblich vermehrt, und das Wasser in den Häfen, in den ruhigen Buchten hinter den Steinmauern und nächst den Mündungen der Kanäle und Kloaken enthält so große Mengen in Zersetzung befindlicher organischer Reste, daß deren Gegenwart schon durch den Geruch zu erkennen ist. Gerade an solchen Orten aber entwickelt sich eine ungemein reiche Vegetation von Wasserpflanzen. Nicht nur der seichte Grund, alle Steine und Pfähle, die Kaimauern, die Bojen, selbst der Kiel und die Planken der längere Zeit im Hafen festgeankerten Schiffe erscheinen mit Ulven, Tangen, Fadenalgen und Florideen überwuchert. Nicht wenige, wie z. B. der sogenannte Meersalat (Ulva Lactuca), mehrere Arten von Gelidium, Bangia und Ceramium, dann die große Cystosira barbata, gedeihen in solchem verunreinigten Wasser am besten und üppigsten, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß dies auf Rechnung der größern Menge organischer Verbindungen zu setzen ist, welche das Meerwasser an solchen Stellen enthält.

Aber nicht nur verunreinigtes Meerwasser, auch andre Wasseransammlungen, welche die Produkte der Fäulnis gelöst enthalten, haben ihre eigentümliche Vegetation. Auf das Vorkommen grüner Euglänen in der Jauche von Düngerstätten wurde bereits hingewiesen. Es finden sich diese Euglänen auch in den kleinen Pfützen und auf der mit Urin getränkten und mit verschiedenem Unrate gemengten nassen Erde am Fuße beschattender Mauern in unreinlichen, abgelegenen Straßen der Städte. Dort ist auch die Heimat einer Menge andrer winziger Pflanzen, welche den im übrigen nichts weniger als appetitlichen Boden nach Regenwetter mit den buntesten Farben bemalen. Neben den schwarzen Flecken der Oscillaria antliaria und den spangrünen Häuten der Oscillaria tenuis hebt sich hier Palmella cruenta mit blutroten und Chroococcus cinnamomeus mit ziegelroten Flecken ab. Ebenso eigentümlich ist die Vegetation, welche die von stinkender Flüssigkeit überrieselte Erde an den Mündungen der Kloaken und Abzugsgräben überkleidet. Weite Strecken sind dort mit dem grünen, den Schlamm überspinnenden Hormidium murale und der lebhaft schwingenden, dunkeln Oscillaria limosa überzogen, und vor allen macht sich hier die rätselhafte Beggiatoa versatilis breit, welche aus der schleimig-häutigen, weißlichen Grundmasse lange, schwingende Fäden aussendet, die nach Sonnenuntergang hervorkriechen, um dann bis zum nächsten Tage in unzählige Stäbchenbakterien zu zerfallen. Auch die rote Schneealge, welche auf der Tafel bei S. 22 abgebildet ist, lebt auf Kosten der durch den Wind auf die Eisfelder verschlagenen Pollenzellen, Insektenleichen und andrer

verwesender Substanzen, und die ihr so nahe verwandte Blutalge (Haematococcus pluvialis oder Sphaerella pluvialis) gedeiht in dem Wasser im Grunde ausgehöhlter Steine, wo sich alle möglichen tierischen und pflanzlichen Reste angesammelt haben. Das faulende, durch Winde zusammengewehte Laub im Grunde tieferer Wassertümpel ist allenthalben mit grünen Ödogonien, mit Pleurococcus angulosus und dem amethystfarbigen Protococcus roseo-persicinus überwuchert. Auch in den Gräben der Torfmoore, welche mit bräunlichem, an gelösten humussauren Verbindungen reichem Wasser erfüllt sind, erscheint der Grund mit diesem amethystfarbigen Protococcus überzogen, während eine Fülle kleiner Fadenalgen, Oscillarien und dergleichen (Bulbochaete parvula, Schizochlamis gelatinosa, Sphaerozosma vertebratum, Microcystis ichthyloba 2c.), sowie eine Gruppe dunkler Moose (Hypnum giganteum, sarmentosum, cordifolium) in diesen an organischen Verbindungen reichen stehenden Gewässern ihre ausschließliche Heimat haben. Gedenken wir noch der merkwürdigen schimmelartigen Saprolegnien, welche sich auf den im Wasser schwimmenden Tierleichen, toten Fliegen (Saprolegnia ferax) und toten Fischen (Achlya prolifera) entwickeln, so ist damit ein wenigstens annäherndes Bild der großen Mannigfaltigkeit von Verwesungspflanzen sowohl im süßen als auch im Meerwasser gegeben.

Bei weitem freundlicher und anziehender als das Bild dieser im Wasser sich breit machenden Verwesungspflanzen gestaltet sich der Anblick jener Gewächse, für welche die tote Borke der Bäume den ausschließlichen Standort bildet. Nicht alle Pflanzen, welche von den Stämmen und Ästen der Bäume ausgehen oder an diesen emporklettern, sie als Lianen umranken und umspinnen, haben in der toten Borke auch ihren Nährboden. Für viele bilden die Stämme der Bäume nur eine Stütze, an der sie sich aus der dunkeln Tiefe zum Lichte hinaufheben. Was diese an Nährsalzen bedürfen, beziehen sie keineswegs aus ihrer Stütze, sondern aus der Erde, in welche sie ihre Saugwurzeln senken. In der Gabelung der Äste und auch in den kleinen Klüften, Sprüngen und Ritzen der Borke alter Bäume hat sich im Laufe der Jahre mitunter viel mineralischer Staub abgelagert und den von der Borke abgelösten und abbröckelnden Partikelchen beigemengt. Solche Ritzen sind dann mit Dammerde mehr oder weniger erfüllt, und diese Dammerde bildet für eine große Zahl von Gewächsen einen trefflichen Nährboden. Aber nicht alle in dieser Dammerde wurzelnden Pflanzen müssen notwendig auch organische Verbindungen aus derselben aufnehmen. So findet man in der Gabelung der Stämme an alten Linden und andern Laubhölzern nicht selten kleine Sträucher von Stachelbeeren, Bittersüß und Holunder, deren Früchte durch das leicht beschwingte Volk der Amseln, Drosseln und andrer Beerenfresser dahin verschleppt wurden und aufkeimten. Diese Sträucher entnehmen der in der Stammgabelung der Linden- und Pappelbäume aufgespeicherten Dammerde, in welcher sie wurzeln, schwerlich organische Verbindungen und beschränken sich darauf, ihren Bedarf an mineralischen Salzen dort zu decken.

Derartige Fälle ausgenommen, entzieht aber gewiß die große Mehrzahl der Pflanzen, welche in der Dammerde in den Klüften, Spalten und Ritzen der Baumborke nisten, dieser ihrer Unterlage die Nahrung in Form organischer Verbindungen. In kältern Gegenden sind es fast ausschließlich Laub- und Lebermoose, welche von der Dammerde der Borke leben und insbesondere die Wetterseite der Stämme und Äste von alten Eschen, Pappeln und Eichen mit grünen Fellen ganz dicht überziehen; in tropischen Gebieten dagegen bildet die rissige Borke der Bäume den Vereinigungspunkt nicht nur für zierliche Moose und moosähnliche Bärlappe, sondern auch noch für ein ganzes Heer von Farnen und prächtigen Blütenpflanzen. Namentlich die Zahl kleiner Farne, welche ihre Wedel aus den Sprüngen der Borke vorschieben und aufrollen, ist so groß, daß alte Baumstrünke in einen förmlichen Mantel aus Farnblättern eingehüllt erscheinen. Von Blütenpflanzen sind es insbesondere Aroideen, Orchideen,

Bromeliaceen, Dorstenien, Begonien, ja selbst Kakteen, namentlich Arten der Gattungen **Cereus** und **Rhipsalis**, welche in die Dammerde der Borke ihre Wurzeln senken. Dabei ist zu bemerken, daß die Bromeliaceen mit ihren Rosetten vorzüglich die Gabelungen der Stämme schmücken, während die Dorstenien, Orchideen und **Rhipsalis**-Arten die obere Seite wagerecht abzweigender Äste überwuchern und die Aroideen und Begonien vorwaltend an den Seiten der mächtigen aufrechten Strünke anwurzeln.

Übrigens bildet nicht nur die Dammerde in den Klüften und Sprüngen der Borke, sondern auch die Borke selbst, das heißt die zwar abgestorbene, aber noch nicht zerbröckelte und zu Staub und Moder zerfallene Rindenschicht, den Nährboden für eine ganze Reihe von Pflanzen aus den verschiedensten Abteilungen. Manche Pilze sowie auch viele Flechten drängen sich tief in die kompakte Borke ein und verzweigen sich mit ihren Hyphenfäden zwischen den abgestorbenen Zellen derselben. Andre Gewächse durchdringen zwar nicht die Substanz der Borke, legen sich aber oberflächlich an dieselbe an und verwachsen so fest mit derselben, daß bei einem Versuche, sie von der Unterlage abzuheben, wohl ein Teil der Unterlage abgetrennt wird oder die angewachsenen Zellschichten zerreißen, aber nimmermehr eine Ablösung erfolgt. Wenn man daher ein Räschen der die Borke besiedelnden Laubmoose (beispielsweise **Orthotrichum fallax, tenellum, pallens**) oder ein derselben platt anliegendes Lebermoos (beispielsweise **Frullania dilatata**) gewaltsam entfernt, so sieht man dort, wo die Rhizoiden von dem Stämmchen ausgehen, regelmäßig kleine Bruchstücke der Borke mitgerissen. Ähnlich verhält es sich mit den Wurzeln jener tropischen Orchideen, welche mit der Borke der von ihnen bewohnten Baumstämme verwachsen. Die Mehrzahl dieser baumbewohnenden Orchideen nistet allerdings in den mit Dammerde erfüllten Klüften der Borke und ernährt sich überdies mittels ganz eigentümlicher, später noch ausführlicher zu behandelnder Luftwurzeln, welche als weiße Stränge und Fäden mähnenartig von dem Ansatzpunkte der Stöcke herabhängen; aber ein kleiner Teil entwickelt auch Wurzeln, welche eine bandförmige Gestalt besitzen und die mit einer ihrer Breitseiten an die Borke festwachsen. Am auffallendsten ist diese Erscheinung an der prächtigen, auf den Philippinen heimischen **Phalenopsis Schilleriana** zu sehen. Die Wurzeln derselben sind etwa 1 cm breit, starr, zweischneidig zusammengedrückt, an der vom Baumstamme abgewendeten Seite flach gewölbt, wie gekörnt und metallisch glänzend wie der Schwanz einer Eidechse oder eines Chamäleons; die dem Baumstamme zugewendete Seite ist abgeplattet und ohne metallischen Schimmer; dicht hinter der fortwachsenden Spitze findet sich an dieser dem Baumstamme zugewendeten Seite ein weißlicher Pelz von sehr dicht gedrängten, kurzen Saugzellen. Kommt nun die Spitze einer solchen Wurzel mit der Borke in Berührung, so verwächst sie mittels der Saugzellen so fest mit der Unterlage, daß man bei kräftigem Drucke viel eher oberflächliche Stücke der Borke als das Wurzelgebilde selbst ablöst. Die Wurzel, einmal angewachsen, verflacht sich auch noch mehr, wird bandartig und bildet fortsprossend und fortkriechend Streifen, welche schließlich die Länge von $1^1/_2$ m erreichen. Ein Baumstrunk, welcher mit diesen langen, metallisch schillernden Bändern besetzt ist, bietet dann einen Anblick, der selbst im Reiche der Orchideenwelt, die bekanntlich des Bizarren genugsam bietet, immer noch überraschend wirkt.

Bei andern Arten tropischer Orchideen, so z. B. an dem auf S. 100 abgebildeten **Sarcanthus rostratus**, sind die Wurzeln nicht schon vom Anfange an verflacht, sondern werden es erst dann, wenn sie mit der Borke in Berührung kommen. Häufig sieht man eine der Wurzeln als einen rundlichen Strang aus dem Stocke entspringen, sich an die Borke anlegen und zu einem Bande werden, dann sich wieder abheben und neuerdings die Gestalt eines Stranges annehmen, wie es die Abbildung getreulich zur Anschauung bringt. Auch hier ist die Verbindung der Bänder mit der Borke eine äußerst feste, und es hat eine vollständige

Verwachsung stattgefunden. Ähnliche Verhältnisse wie bei diesen Orchideen beobachtet man bei manchen auf Baumborke lebenden Aroideen, die sich mit Stengeln, Blättern und Wurzeln platt an die Baumstämme anlegen, so daß sie wie ein tapetenartiger Überzug erscheinen. Namentlich gilt das von den Marcgravien (Marcgravia paradoxa, umbellata), von denen



Bandförmig werdende Luftwurzeln einer tropischen Orchidee (Sarcanthus rostratus). Vgl. Text, S. 99.

man bei flüchtiger Betrachtung glauben möchte, sie seien nicht nur mit den Wurzeln, sondern auch mit den großen, scheibenförmigen, zweizeilig gestellten Laubblättern an die Borke angeklebt, und die auch insofern sehr merkwürdig sind, als sie nur auf ziemlich glatter und noch fester Borke ihr Fortkommen finden. Auf eine weiche Unterlage, etwa auf Dammerde oder Moos, übertragen, verkümmern sie, weil ihre Wurzeln mit diesem lockern Substrate keine feste Verbindung einzugehen im stande sind. Ähnlich verhalten sich übrigens auch die meisten tropischen,

auf Baumborke lebenden Orchideen. Die Samen derselben, auf lockere, humuslose Erde gebracht, keimen wohl, gehen aber dann zu Grunde, während sie, auf Baumborke gestreut, nicht nur keimen, sondern auch gut und leicht zu größern Stöcken auswachsen.

Dort, wo sich in der Nähe von Baumgruppen Felswände erheben, ist es eine sehr gewöhnliche Erscheinung, daß diese Felswände und die Borke der Bäume teilweise dieselben Pflanzenarten beherbergen. Es sind hiermit nicht etwa jene Arten gemeint, die ähnlich dem Epheu in der Erde am Fuße der Baumstämme und der Felsen wurzeln, von dort aus ebenso häufig an der Borke der Bäume wie an der Wand des Felsens emporkriechen, aber weder die eine noch die andre Unterlage als eigentlichen Nährboden ausbeuten, sondern nur als Unterlage benutzen, an welcher sie sich mit besondern Haftwurzeln anklammern, sondern es gilt die obige Bemerkung recht eigentlich für Gewächse, welche von den Produkten der Verwesung organischer Körper leben, wie z. B. von manchen tropischen Orchideen, Dorstenien, Begonien und Farnen und in kältern Gegenden von vielen Laub- und Lebermoosen. In betreff derjenigen Arten, welche aus Dammerde ihre Nahrung saugen, ist die Erklärung dieser Erscheinung nicht schwer zu geben. Die zerklüftete Felswand ist in gewisser Beziehung der rissigen Baumborke zu vergleichen. Die Klüfte der Felsen haben sich im Laufe der Zeit mit schwarzer Dammerde gefüllt, und Pflanzen, für welche mit Rücksicht auf die Gestalt ihres Laubes, ihrer Blüten und Früchte die Ritzen an einer Wand geeignet sind, können sich in solche Dammerde ebensogut einnisten wie in die Dammerde in den Rissen der Borke, ja sie werden sogar an solchen Stellen in einer Beziehung noch günstiger gestellt sein. Während nämlich der Humus in der Baumborke in längern trocknen Perioden des Jahres ganz ausdorrt, weil aus dem Holze des betreffenden Baumes, wenn dasselbe auch saftreich ist, dennoch kein Wasser an die Borke abgegeben wird, ist bei den Felsen, deren Klüfte in der Regel sehr tief gehen, die Wahrscheinlichkeit vorhanden, daß auch dann, wenn die oberflächlichen Schichten des die Ritzen erfüllenden Humus Wasser an die Luft abgeben, immer wieder ein kleiner Ersatz aus den tiefern, niemals ganz austrocknenden Regionen stattfindet. Auch können die in der Dammerde der Felsklüfte wachsenden Pflanzen ihre Wurzeln in weit tiefere Schichten hinabsenden, als das bei der Borke möglich ist. Es zeigen darum auch die mit Humus gefüllten tiefen Sprünge der Felsen in der Regel eine reichere Flora als die viel seichtern Risse der Borke, obschon beide Standorte, wie gesagt, sehr viele Pflanzen gemeinsam haben.

Schwieriger ist es zu erklären, wie es kommt, daß auch Gewächse, die nicht aus der Dammerde der Borkenrisse, sondern aus der Substanz der Borke selbst Nahrung saugen und welche der Oberfläche der Borke platt anliegen, auch den Seitenwänden von Felsen angeschmiegt getroffen werden. Um hierfür ein Beispiel zu bringen, sei der **Frullania tamarisci** gedacht, eines Lebermooses, dessen braune, zweizeilig beblätterte, gabelästige, an Dendriten erinnernde Stämmchen ebensogut auf der Rinde der Kiefern wie auf der Oberfläche der nebenan aufragenden Gneisfelsen fortkommen. Bei flüchtiger Betrachtung erscheint es nun allerdings kaum glaublich, daß eine solche der nicht zersprungenen Seitenwand des Felsens anhaftende Pflanze organische Verbindungen aus der Unterlage zu gewinnen in der Lage sein sollte. Und dennoch ist es so. Sieht man näher zu, so stellt sich heraus, daß es nicht mehr der blanke Fels ist, an den sich das genannte Lebermoos angelegt hat, sondern eine Stelle des Felsens, welche früher von Steinflechten überzogen war. Diese unscheinbare Kruste abgestorbener Steinflechten aber vertritt vollständig die oberflächliche Schicht der Baumborke, und sie ist es auch, in welche die **Frullania tamarisci** ihre Saugzellen einsenkt. Wie solche an senkrechten, nicht zersprungenen Felswänden klebende Pflanzen noch auf einem andern Wege Nahrung zugeführt erhalten, wird später nochmals zur Sprache kommen.

Verwesungspflanzen im Humus der Wälder, Wiesen und Moore.

Besonders reich an Verwesungspflanzen sind die schattigen feuchten Waldgründe, zumal jene der Nadelholzbestände, und zwar begegnet man hier wieder Vertretern derselben Familien, welche die Borke der Bäume zu ihrem Wohnsitze ausgewählt haben. Wieder sind es nämlich Moose und Pilze, Bärlappe und Farne, Aroideen und Orchideen, welche als die bezeichnendsten Gestalten auf dem Waldboden beobachtet werden. Der aus den abgefallenen verwesenden Nadeln gebildete schwarzbraune Humus überzieht sich zunächst mit einer reichen Decke aus Laubmoosen, namentlich dem weitverbreiteten Hylocomium splendens, Hypnum triquetrum und Hypnum Crista castrensis; den Moder der Baumleichen bekleiben Tetraphis pellucida und Webera nutans, und die verwesenden Strünke überwuchern die Polster der Dicranum-Arten (Dicranum scoparium und congestum, Dicranodontium longirostre), bleiche Astmoose (Hypnum uncinatum und reptile) und verschiedene Lebermoose. Über die weiche, stets feuchte Moosdecke erheben sich allerwärts die grünen Wedel breitblätteriger Farne. Hier im Grunde des Waldes ist auch die rechte Heimat der Pilze, deren absonderliche Fruchtkörper gegen den Herbst zu in ungezählten Mengen über den feuchten Boden emporkrängen. Nicht nur die abgefallenen Nadeln und Zapfen, das den Boden bedeckende Laub und Reisig, die umgestürzten faulenden Baumstämme, sondern auch der formlose, dunkle Mulm, welcher durch Vermoderung dieser Abfälle sowie der zahlreichen den Boden durchdringenden Baumwurzeln hervorgegangen ist, erscheint von den Protoplasmasträngen der Schleimpilze und von dem Fadengewebe andrer Pilzformen, dem sogenannten Mycelium, durchwirkt und umsponnen. Hier unter den Schildern und Schalen der sich ablösenden Rinde erscheint es in Form schleimiger Schnüre oder als ein dunkles Gitter- und Netzwerk, welches sich zwischen Borke und Holz des morschen Baumstrunkes einschiebt, dort in dem entrindeten leichenbleichen Stamme in Gestalt zickzackförmiger, an Blitzfiguren erinnernder dunkler Linien, und dazwischen spinnen sich allerwärts die weißen Mycelien der größern Hutpilze und Korallenschwämme hindurch. Stellenweise ist der braune Moder weithin von diesen Mycelien scheckig und gesprenkelt, und auch die abgestorbenen Stengel der Waldmoose sind in der Tiefe mit weißen Flocken behangen und mit Pilzfäden überzogen.

Es lohnt sich wohl auch, einen Blick auf die gegenseitigen Beziehungen dieser Pflanzen des Waldgrundes zu werfen. Auf den abgefallenen Nadeln und Zweigen sowie auf den vermoderten Wurzeln der Tannen und Kiefern leben die Waldmoose und Bärlappe und verschiedene Farne und Blütenpflanzen; von den abgestorbenen Resten dieser Gewächse ernähren sich Pilze, welche ihre Fruchtkörper über die Moosdecke emporheben; die faulenden Fruchtkörper der größern Pilze bilden wieder den Nährboden für kleinere Pilze, welche den in Verwesung übergehenden Hut und Strunk mit schwarzgrünem Samte überziehen, und diese kleinern Pilze zerfallen schließlich wieder unter dem Einflusse der Fäulnisbakterien in jene einfachsten unorganischen Verbindungen, welche von den Tannen und Kiefern aus Luft und Erde aufgenommen wurden. Es vollzieht sich da in der Tiefe des Waldes ein unsern Blicken größtenteils entzogenes geheimnisvolles Weben und Treiben, ein unausgesetzter Wechsel von Sterben und Leben, eine wunderbare Metamorphose derselben Stoffe, deren Rätsel zu lösen bisher nur teilweise gelungen ist.

Blütenpflanzen im Waldboden des mittlern und nördlichen Europa, von welchen mit Rücksicht auf die Ergebnisse der Kultur angenommen werden kann, daß sie sich teilweise oder ganz von organischen Verbindungen des Waldhumus nähren, sind unter andern die Zahnwurzarten (Dentaria bulbifera, digitata, enneaphyllos), welche den aus dem Buchenlaube hervorgegangenen Moder bevorzugen, dann Circaea alpina, Galium rotundifolium



OHNBLATT IM MODER DES FICHTENWALDES.
(Nach der Natur von J. Seelos.)

und Linnaea borealis, welche dem Moder der Nadelwälder angehören, vor allen aber eine große Zahl von Orchideen. Letztere sind teils mit grünen Blättern versehen, wie z. B. die zierliche kleine Listera cordata, die durch ihre zottigen Blumenblätter charakteristische Goodyera repens, die Arten von Cephalanthera, Epipactis und Platanthera, teils entbehren sie des grünen Laubes, wie beispielsweise der Dingel, die Nestwurz, die Korallenwurz und das Ohnblatt. Der Dingel (Limodorum abortivum) gehört mehr den wärmern Landstrichen Mitteleuropas an, besitzt kreuz- und quer-, zu einem wirren Knäuel verschlungene fleischige Wurzelfasern und über 1/2 m hohe, schlanke, stahlblau überlaufene Stengel, welche eine lockere Ähre ziemlich großer, dunkelvioletter, später verblassender Blüten trägt. Die Nestwurz (Neottia Nidus avis) findet sich sowohl in Laub- als in Nadelwäldern weitverbreitet, ihre Stengel und Blüten haben eine bei Pflanzen ganz ungewöhnliche lichtbraune, an Eichenholz erinnernde Farbe; die Blumen sind geruchlos, die vom unterirdischen Teile des Stengels ausgehenden, in Humus eingebetteten, in Form und Farbe an Regenwürmer erinnernden zahlreichen Wurzeln bilden ein wunderliches, oft faustgroßes Gewirr, das man mit einem Vogelneste verglichen und als Anlaß zur Benennung dieser Pflanze benutzt hat. Die Korallenwurz (Corallorhiza innata) hat im Gegensatze zu dem Vogelneste gar keine Wurzeln, dagegen zeigt der unterirdische Teil des Stengels, das sogenannte Rhizom, mit dem Wurzelgewirre des Vogelnestes eine entfernte Ähnlichkeit. Blaßbräunliche, an den stumpfen, weißlichen Enden wiederholt gabelig verzweigte Äste dieses Rhizomes, welche gerade so aussehen, als hätte man sie eine Zeitlang gepreßt und dadurch alle die kurzen, lappenförmigen Zweiglein in eine Ebene ausgebreitet, liegen dicht gedrängt nebeneinander, verschränken sich auch teilweise und bilden so einen Körper, welcher auf das lebhafteste an einen Korallenstock erinnert. Dieses korallenstockartige unterirdische Stengelgebilde entwickelt alljährlich über die Erde emporsteigende blaßgrünliche Stengel, welche mit kleinen, gelb-, weiß- und violett-scheckigen, nach Vanille duftenden Blüten und später mit verhältnismäßig großen, grünen, zur Zeit der Reife braun werdenden Früchten besetzt sind.

Die vierte dieser bleichen Waldorchideen, zugleich die seltenste und wunderbarste von ihnen, ist das auf beigehefteter Tafel „Ohnblatt im Moder des Fichtenwaldes" abgebildete Ohnblatt (Epipogum aphyllum). So wie der Korallenwurz, fehlen auch ihm die Wurzeln. Sein Rhizom ist jenem der Korallenwurz zum Verwechseln ähnlich, unterscheidet sich aber dadurch, daß es verlängerte fadenförmige Sprosse aussendet, welche am Ende knollenartig anschwellen und die als unterirdische Ausläufer aufgefaßt werden können. Das angeschwollene Ende wird zum Ausgangspunkte für einen neuen Korallenstock, der sich etwa eine Spanne weit von dem alten, nach der Entwickelung der Blüten gewöhnlich erschöpften und allmählich zu Grunde gehenden ausbildet. Dieser korallenartige Stengel lebt natürlich unterirdisch und wird erst sichtbar, wenn man die Moose aus dem Moder des Waldgrundes abhebt. Häufig ist derselbe ganz in sandigen Lehm eingebettet, der unmittelbar unter dem schwarzen Moder liegt. Die nach der Natur aufgenommene Abbildung auf nebenstehender Tafel stellt die Pflanze mit ihrem durch die Entfernung des umgebenden Humus entblößten Rhizome und den weißen, fadenförmigen Ausläufern dar. Oft vergehen mehrere Jahre, ohne daß das Ohnblatt zur Blüte gelangt. Die Pflanze lebt dann nur unterirdisch. Wer nicht von früher her genaue Kenntnis über das Vorkommen hat, könnte in einem Sommer, in welchem die Pflanze nicht blüht, vorübergehen, ohne zu ahnen, daß die Moos- und Humusdecke an seinem Wege dieses sonderbare Gewächs in der Tiefe birgt. Die blütentragenden Stengel, welche dann endlich einmal in einem warmen Sommer emportauchen, sind dicht über der Stelle, wo sie vom unterirdischen Rhizome abzweigen, spindelförmig verdickt und an einer Seite meistens rötlich oder amethystfarben angehaucht. Alles

an ihnen ist prall, glatt, saftreich, fast opalartig durchscheinend; die wenigen Blüten, welche der Stengel trägt, sind verhältnismäßig groß und verbreiten einen starken Duft, der an jenen der brasilischen Orchideen aus der Gattung Stanhopea mahnt. Auch das Kolorit, ein mattes Gelblichweiß mit blaßrötlichem und violettem Anfluge, erinnert an diese tropischen Orchideen.

Der Eindruck, welchen die bleiche, aus der schwellenden Moosdecke sich erhebende Pflanze zur Zeit der Blüte macht, ist ein um so fremdartigerer, als in der Regel weit und breit keine andre Blütenpflanze neben ihr zu sehen ist. Der Künstler, welchem die Aufgabe ward, diese Orchidee nach der Natur in Farbe wiederzugeben, nannte sie stets die „elfenhafte Träumerin", eine Bezeichnung, die fürwahr den eigentümlichen Charakter der Pflanze treffend ausspricht, und die gewiß jeder gut gewählt finden wird, der jemals das seltsame Gebilde im Halbdunkel des Fichtenwaldes an einsamer Stelle blühen sah. Die an zarten, schwanken Stielchen aufgehängten Blüten mit ihrer eigentümlichen Färbung, der fleischigen Konsistenz, dem nach oben gerichteten ausgesackten, einer phrygischen Mütze oder einem Helme vergleichbaren Blättchen und den gleich Fangarmen vorgestreckten andern Zipfeln gemahnen auch an die schönen opalisierenden, in der blauen Flut des Meeres schwimmenden Quallen. Man wird zu diesem Vergleiche um so mehr veranlaßt, als auch die andern neben dem Ohnblatte dem Waldgrunde entstiegenen Verwesungspflanzen in Form und Farbe mit den Tieren und Tangen im Grunde des Meeres eine auffallende Ähnlichkeit haben. Die unter dem Namen Bärentatzen bekannten Pilze, jene vieläſtigen, fleischfarbigen, gelben und weißen Klavarien, welche oft in ganzen Beständen den Waldgrund schmücken, ahmen die Gestalt der Korallenstöcke, die Stachelpilze (Hydneen) jene der Seeigel, die Erdsterne (Geaster) jene der Seesterne und die in fleischrote, orangegelbe und bräunliche Farben gekleideten Arten der Gattungen Tremella, Exidia und Guepinia sowie das gallertartige, weißlich durchscheinende Tremellodon gelatinosum jene der Gallertschwämme nach. Die kleinen, steifen Hutpilze (Marasmius), welche mit ihrem schlanken, dünnen Stiele den abgefallenen Fichten- und Kiefernnadeln aufsitzen, erinnern wieder an die starren Acetabularien; andre Hutpilze, deren flache oder nabelförmig eingezogene Hüte konzentrische Bänder und Streifen zeigen, wie die Craterellus-Arten, machen den Eindruck der unter dem Namen Padina bekannten Meeresalge; die dunkeln Geoglossum-Arten imitieren die braunen Fukoideen, und in den roten Kugeln eines Schleimpilzes, welcher dem morschen Holze verwitterter Baumleichen aufsitzt (Lycogala Epidendron), glaubt man rote, an grauen Felsklippen aufsitzende Seeanemonen (Aktinien), die ihre Tentakeln eingezogen haben, zu sehen. So gesucht vielleicht dieser Vergleich des Waldgrundes mit dem Meeresgrunde im ersten Augenblicke erscheinen mag, so wird er sich doch jedem unwillkürlich aufdrängen, der die eigentümlichen Gestalten der Pflanzen- und Tierwelt hier und dort eingehender zu beobachten Gelegenheit hatte.

Bei weitem spärlicher als der schattige Waldboden ist der Grund der humusreichen Wiesen mit Verwesungspflanzen besetzt. Es fehlt zwar auch hier nicht an den wunderlichen Formen der Hut- und Bauchpilze, deren Fruchtkörper insbesondere im Herbste zugleich mit den Zeitlosen auf den abgemähten Grasböden oft zu Tausenden emportauchen; aber sie sind der Zahl nach doch spärlich zu nennen im Vergleiche zu jenen, welche dem Moder des Waldes entsteigen. Von Farnen und Blütenpflanzen sind als Arten, welche auf die bei Zersetzung des Humus entstehenden organischen Verbindungen angewiesen sind, zu nennen: die Mondraute (Botrychium Lunaria), zahlreiche Orchideen, blau- und violettblütige Gentianen, die berühmte Arnika, die Polygaleen und insbesondere mehrere Gräser, zumal das Borstengras (Nardus stricta), dessen Rasen, wenn sie einmal in dem Humus Wurzel gefaßt haben, in dichtem Schlusse weite Strecken überwuchern. Auch mehrere Pflanzen, welche die Alpenmatten schmücken und die der Mehrzahl nach denselben Familien angehören wie die eben genannten Arten tieferer Regionen, sind als Humuspflanzen zu bezeichnen, so

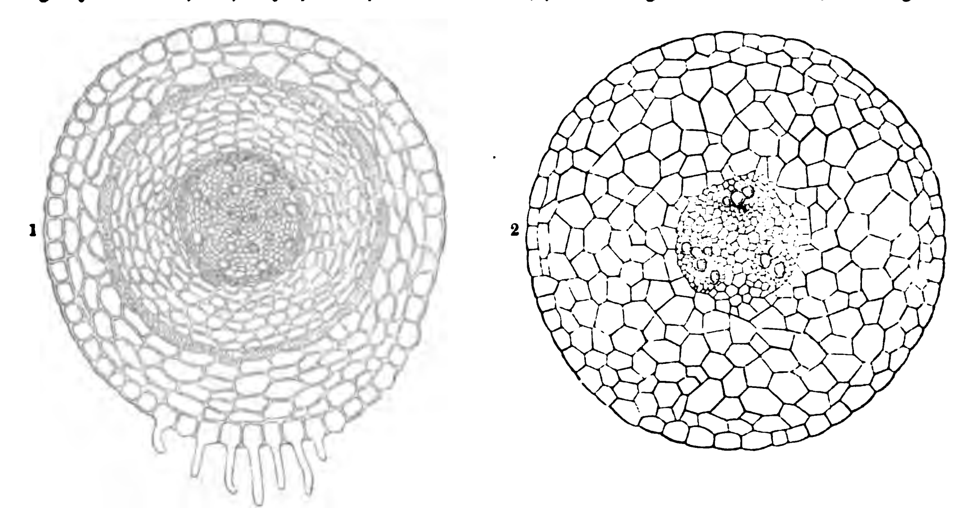
namentlich der Alpenbärlapp (**Lycopodium alpinum**), die dunkelblütige Brunelle (**Nigritella nigra**) und mehrere andre niedere Alpenorchideen, zahlreiche kleine, ja teilweise winzige Gentianeen (**Gentiana nivalis, prostrata, glacialis, nana, Lomatogonium Carinthiacum**), der Speik (**Valeriana Celtica**), die nordische Tofieldia (**T. borealis**), einige Gräser, Seggen und Simsen (z B. **Agrostis alpina, Carex curvula, Juncus trifidus**), verschiedene Anemonen, Nelken, Dolden, Veilchen und Glockenblumen (z. B. **Anemone alpina, Silene Pumilio, Meum Mutellina, Viola alpina, Campanula alpina**) und auch mehrere Laubmoose, welche, wie z. B. **Dicranum elongatum** und **Polytrichum strictum**, in festen, breiten Rasen und geschlossenen Beständen den schwarzen Humus überkleiben.

Auch viele jener Gewächse, welche auf dem schwarzen, graphitartigen Boden in den Mulden und Kesseln der Hochgebirgsrücken heimisch sind, namentlich **Meesia alpina** und verschiedene andre ausschließlich an derartigen Orten vorkommende Moose, vor allen aber die an solchen Stellen so häufigen Primulaceen und Gentianeen (**Primula glutinosa, Soldanella pusilla, Gentiana Bavarica**), nehmen organische Nahrung aus ihrer Unterlage auf. Für diese scheint es zudem nichts weniger als gleichgültig, bei welcher Temperatur und unter welchen Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft die Zersetzung des Humus vor sich geht. Wenn man die an solchen Stellen massenhaft vorkommenden Arten mitsamt dem schwarzen Boden, in dem sie wurzeln, aushebt, sie in den Garten überträgt und so kultiviert, daß die äußern Bedingungen möglichst jenen des ursprünglichen Standortes entsprechen, oder wenn man in solcher schwarzen, humusreichen Erde junge Pflanzen aus Samen heranzieht, so gedeihen sie nur kurze Zeit, fangen bald an zu verkümmern und gehen binnen Jahr und Tag zu Grunde, während doch die in gleicher Seehöhe, aber in lehmiger oder sandiger Erde wurzelnden Hochalpenpflanzen auch im Garten vortrefflich gedeihen. Auch verschiedene Gewächse der Moore (z. B. **Lycopodium inundatum, Eriophorum vaginatum, Trientalis Europaea**) erhält man nur kurze Zeit lebend im Garten, wenn man sie auch mitsamt der Torfscholle, in der sie wurzeln, ausgehoben hat. Es läßt sich das kaum anders als durch die Annahme erklären, daß die organischen Verbindungen, welche sich bei der Verwesung der Pflanzenreste auf den Alpenhöhen und in den Mooren bilden, wesentlich verschieden sind von jenen, die unter dem Einflusse veränderter Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse im Garten der Niederung aus derselben Masse hervorgehen. Die Gärtner sagen: die Moorerde und die schwarze, graphitartige Erde aus den Schneegruben des Hochgebirges „versauern“ im Garten, und sie mögen mit diesem Ausdrucke insofern das Richtige getroffen haben, als wahrscheinlich unter geänderten Verhältnissen auch andre Humussäuren entstehen.

Besondere Beziehungen der Verwesungspflanzen zum Nährboden.

Die Zellen, welche die Aufnahme der organischen Verbindungen bei den hier besprochenen Gewächsen besorgen, sind im ganzen genommen jenen sehr ähnlich, welche zur Aufnahme mineralischer Nährsalze dienen. Bei den Schleimpilzen sowie den Euglänen, welche der Zellhaut entbehren, diffundiert die Nahrung durch die sogenannte Hautschicht des Protoplasmas in das Innere des Zellenleibes. Die Meeres- und die Süßwasserpflanzen, welche als Verwesungspflanzen zu gelten haben, können mit allen oberflächlichen Zellen die in dem umspülenden Wasser gelösten Produkte der Verwesung saugen. Zu einer besonders raschen Aufnahme der Nahrung ist insbesondere das Mycelium der Pilze befähigt. Jeder Pilzfaden oder, besser gesagt, jede langgestreckte, zartwandige Zelle des Myceliums ist gewissermaßen eine Saugzelle, kann in ihrem ganzen Umfange eine saugende

Wirkung äußern und der Umgebung mit dem Wasser jene Stoffe entziehen, welche gerade benötigt werden. Die korallenstockartigen unterirdischen Stengel des Ohnblattes (s. Tafel bei S. 103) sowie der Korallenwurz, welchen eine Wurzel vollständig fehlt, entwickeln an ihren Verzweigungen, und zwar an besondern kleinen Erhöhungen, Büschel von Saugzellen, und auch die alpine Bartsie (Bartsia alpina) ist an den unterirdischen weißen Stengelbildungen mit langen Saugzellen versehen. Die unterirdischen zu Knöllchen verdickten, spindelförmigen, weißen Stengel des Alpenhexenkrautes (Circaea alpina) zeigen den Herbst und Winter über und bis zur Zeit, wenn aus ihnen neue belaubte Stengel ans Tageslicht emporsprießen, keine Wurzeln und sind nur mit zerstreuten kolbenförmigen Saugzellen besetzt. Doch ist es undenkbar, daß bei diesen Pflanzen die spärlichen Saugzellen den Bedarf zur Zeit der Entwickelung oberirdischer Stengel ganz decken, und es wird hier auch durch die Oberhautzellen des ganzen Knöllchens, beziehentlich der unterirdischen Stengel und korallenstockartigen Rhi-



Durchschnitt durch die Saugwurzeln von Verwesungspflanzen: 1. Rätische Gentiane (Gentiana Rhaetica) — 2. Nestwurz (Neottia Nidus avis). Vgl. Text, S. 106 und 107.

zome Nahrung aufgenommen. Die unmittelbar dem schwarzen Mulme oder dem Moder des Holzes im Waldgrunde anliegenden Oberhautzellen dieser unterirdischen Stengelbildungen sind so dünn und zartwandig, daß sie zu einer solchen Nahrungsaufnahme gerade so gut wie die ausgestülpten Saugzellen geeignet sind; ja, die kolbenförmigen Saugzellen an den Knöllchen des Hexenkrautes zeigen sogar etwas dickere Wandungen als jene, welche die Oberhaut des Knöllchens bilden.

Man könnte die Nahrungsaufnahme dieser korallenstockartigen oder knöllchenförmigen, im Moder eingebetteten Gebilde mit jener der Bandwürmer vergleichen, welche mit ihrer ganzen Oberhaut aus der den Darm erfüllenden Flüssigkeit die Nahrung saugen. Bei der Nestwurz (Neottia Nidus avis) sind sämtliche Oberhautzellen der dicken gewundenen Wurzelfasern zur Nahrungsaufnahme befähigt, sie sind jedoch nicht schlauchförmig ausgestülpt, sondern tafelförmig, und ihre Außenwand, welche dem auszusaugenden Nährboden unmittelbar anliegt, ist nur unbedeutend nach außen gewölbt (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2). Dagegen sind die grünen, belaubten Orchideen, welche in der Dammerde des Waldes und der Wiesen wurzeln, mit sehr langen, schlauchförmigen Saugzellen ausgerüstet, welche nicht sofort welken und zusammenfallen, wenn die Wurzel sich verlängert, sondern sich noch lange frisch und thätig erhalten. Während bei den auf mineralische Nährsalze angewiesenen Erdpflanzen die schlauchförmigen Saugzellen („Wurzelhaare") nur hinter

der fortwachsenden Spitze der Wurzel auf eine schmale Zone beschränkt sind und immer verhältnismäßig rasch zu Grunde gehen, erscheinen die cylindrischen Wurzeln der in Dammerde nistenden Orchideen von der Basis bis fast zur Spitze mit zerstreuten langen, selbst über die Trockenperiode des Sommers oder die Kälteperiode des Winters hinaus bis in die nächste Vegetationszeit sich erhaltenden langen, schlauchförmigen Saugzellen besetzt und zwar an jenen Stellen am reichlichsten, wo sich im Boden eine besonders ausbeutungsfähige Humus- oder Moderlage findet. Ähnliche Verhältnisse findet man auch an den zweigabelig verästelten, dabei schraubig gewundenen und sich korkzieherförmig in die Dammerde einbohrenden Wurzeln der Bärlappe, deren Saugzellen stellenweise förmliche Mähnen bilden, die ganz und gar mit schwarzem Mulme verklebt sind. Auch die Wurzeln der von den Verwesungsprodukten der Dammerde lebenden Gräser, namentlich des Borstengrases, zeichnen sich durch auffallend lange Saugzellen aus, die in den braunen oder schwarzen Humus hineinwachsen und daselbst die wunderlichsten Krümmungen und Biegungen erfahren. Wo sich nämlich ein zur Aussaugung besonders geeignetes Bruchstück einer abgestorbenen Wurzel oder eines unterirdischen Stengels im Nährboden findet, wird dasselbe von den Saugzellen förmlich umschlungen und dadurch eine möglichst große saugende Fläche mit dem nahrhaften Bissen in Berührung gebracht. An den Wurzeln vieler Gentianen, namentlich **Gentiana ciliata, Germanica, Austriaca** und **Rhaetica**, ist sogar die Ausbildung der Saugzellen nur auf jene Stellen der Wurzeläste beschränkt, welche beim Eindringen in die Dammerde mit einem besonders nahrhaften Gemengteile derselben in Berührung kommen. Dort, wo die Berührung stattfindet, verdickt sich die Wurzel, und von der Oberhaut stülpen sich an solchen Stellen einseitig Saugzellen aus, welche in das auszusaugende verwesende Stückchen Holz oder Rinde hineinwachsen (s. Abbildung, S. 106, Fig. 1). Solche Wurzeln erinnern dann lebhaft an die mit sogenannten Haustorien versehenen Wurzelbildungen der Schmarotzerpflanzen, welche im folgenden noch ausführlicher behandelt werden sollen, unterscheiden sich aber von diesen doch wesentlich dadurch, daß hier nicht lebende, sondern in Verwesung befindliche Teile des Nährbodens ausgesaugt werden.

Die Mehrzahl der in der Dammerde der Alpenmatten und in der schwarzen Erde der Schneekessel in der alpinen Region wachsenden Pflanzen entwickelt keine schlauchförmig ausgestülpten, sondern tafelförmige Oberhautzellen, beziehentlich Saugzellen an den Wurzeln und verhält sich demnach ähnlich den Sumpfpflanzen. Bei vielen sind dann die Wurzeln so reichlich und so ungemein fein verzweigt, daß sie einem zarten Netze gleichen, welches den Humus durchspinnt. Dasselbe gilt auch von den Saugzellen an den Rhizoiden der Moose. Bei allen diesen Bewohnern der Dammerde sieht man auch gar nicht selten einzelne Mycelfäden von Pilzen, welche sich an die Würzelchen oder auch an die schlauchförmigen Saugzellen anlegen; aber es kommt doch hier nirgends zu einem Gespinste von Mycelfäden, welches die Wurzeln mit einem förmlichen Mantel umgibt, wie das bei den später zu besprechenden Ernährungsgenossenschaften der Fall ist.

Sehr eigentümlich ist die Art und Weise, wie die der Baumborke platt aufliegenden Gewächse, welche mit dem Erdboden in keiner Verbindung stehen und daher von diesem direkt keinerlei Nahrung beziehen können, sich verhalten. Ihre Wurzeln, Rhizoiden oder Hyphen wachsen, wie schon oben erwähnt, entweder geradezu in die Borke hinein, oder sie sind nur an die Oberfläche derselben angewachsen, grenzen daher mit der einen Seite an die freie Luft und bilden mehr oder weniger vorspringende Linien und Leisten, welche sich in den mannigfachsten Richtungen verzweigen, oft auch förmliche der Borke angeklebte Gitter bilden. Mitunter erscheinen sie auch als dickere Stränge oder Bänder, die lang an dem Stamme herablaufen oder denselben umgürten. Diese Gebilde dienen nun einerseits gewiß als Haftmittel, zugleich aber auch zur Aufnahme von Nahrung aus der

Unterlage, aus der verwesenden Baumborke, auf welcher die betreffende Pflanze als Überpflanze erscheint. In trocknen Perioden ist die Nahrungsaufnahme solcher Pflanzen überhaupt unterbrochen und eingestellt; wenn aber nach Eintritt der Regenzeit und nach längerer Dauer des Regens Wasser über die Oberfläche der Äste und Stämme an den Bäumen herabriefelt, so spült dieses die ganze Rinde ab, wäscht sie gleichsam rein, und das Waschwasser, welches immer tiefer und tiefer kommt, bringt nicht nur kleine, lose gewordene Partikelchen der Borke, sondern auch durch den Wind angewehten mineralischen und organischen Staub herab, löst auch auf diesem seinem Wege alles auf, was löslich ist, und gelangt so als eine Lösung mineralischer, vorwaltend aber organischer Verbindungen zu den der Borke angeschmiegten Wurzeln, Rhizoiden und Hyphen. An den vorspringenden Leisten derselben staut sich das herbeiriefelnde Wasser teilweise auf, lagert hier und da auch die mechanisch mitgerissenen Partikelchen ab und führt so diesen merkwürdigen Überpflanzen die unentbehrliche Nahrung zu. Selbstverständlich wird diese Lösung von Nährstoffen von denjenigen Gewächsen, welche befähigt sind, mit ihren grünen Blättern oder mit allen ihren oberflächlichen Zellen des Lagers Flüssigkeit einzusaugen, auch auf diesem Wege aufgenommen.

In solcher Weise ernähren sich ohne Zweifel auch jene Überpflanzen, welche selbst wieder an lebenden Überpflanzen haften. In rauhern Gegenden findet man, daß die grüne Rinde, der Stengel, seltener auch die grünen Blätter der Mistel mit Moosen und Flechten besetzt sind, und in tropischen Gebieten ist es eine geradezu häufige Erscheinung, daß auf den grünen, noch lebenden Blättern von Bromeliaceen, Orchideen und Loranthaceen sich Laub- und Lebermoose, ja auch kleine Bromeliaceen angesiedelt haben, die zuverlässig keine eigentlichen Schmarotzer sind und mit ihren Saugzellen nur der dicken Oberhaut der sie tragenden lebendigen Laubblätter oder Stengel anhaften. Was diese Pflanzen von flüssigen Stoffen aufnehmen, wird ihnen vorzüglich durch das die Unterlage abspülende Regenwasser zugeführt.

Auch jene Pflanzenarten, von welchen bereits (S. 101) erwähnt wurde, daß sie für gewöhnlich an der Borke der Bäume, mitunter aber auch an senkrechten, nicht zerklüfteten Felswänden angeklebt gefunden werden, können ihre Nährstoffe auf eine ähnliche Weise beziehen. Wenn eine Felswand auf ihrem Scheitel mit einem zusammenhängenden Pflanzenteppiche überzogen ist, oder wenn die an ihrem Abfalle etwa vorspringenden Terrassen und Gesimse Grasrasen, Moospolster und verschiedenes kleines Buschwerk tragen, so ist es bei reichlichem Regen unvermeidlich, daß das Regenwasser, welches über die Wand abfließt, gelöste organische Verbindungen mitführt. Zunächst werden von den fallenden Regentropfen allerdings die Gras- und Moospolster auf den Terrassen und auf der Kuppe der Felswand genetzt, dann wird sich der ihnen zur Unterlage dienende Humus mit Wasser tränken; was aber von diesem Humus nicht festgehalten werden kann, und was auch nicht in die Risse und Spalten des Felsens eindringt, sickert von der Terrasse nach außen ab und zieht sich als nässende Schicht über die Oberfläche der felsigen Steilwand zur Tiefe. Die Felswand wird dabei gerade so gewaschen wie die Rinde der Baumstämme, und es ist auch unvermeidlich, daß kleine Bruchstückchen organischer und anorganischer Körper abgespült, von dem Sickerwasser mitgerissen und weiter abwärts an vorspringenden Kanten wieder abgelagert und angehäuft werden. Die Bahnen, welche solches Sickerwasser über die steilen Felsen herab einschlägt, sind es auch, an welchen sich die Gewächse, welche oben erwähnt wurden, ansiedeln.

Gewöhnlich gesellen sich übrigens auch zahlreiche andre, meist mikroskopische Pflanzen bei, welche nicht alle zu den Verwesungspflanzen gestellt werden dürfen, die aber, wenn sie an solchen Strombahnen des Sickerwassers gedeihen wollen, darauf eingerichtet sein müssen, nach zeitweiliger ausgiebiger Durchnässung wieder wochen-, ja monatelang ausgetrocknet an der dürren Felswand ausharren und zuwarten zu können. Insbesondere sind solche

Stellen ein beliebter Ansatzpunkt für Flechtenanflüge, die dann, wenn sie einmal einen größern Umfang erreicht haben, schon von fern auffallen. Dort, wo in Kalkgebirgen zahlreiche mit Grasrasen und niederm Buschwerk bewachsene Terrassen die Steilwände unterbrechen, sieht man weithin die hellgrauen Felsen mit dunkeln, lotrecht herabziehenden Bändern und Streifen bemalt, und es macht den Eindruck, als sei von den Terrassen Tinte über die Wand herabgeflossen. Es bezeichnen diese dunkeln Streifen eben die Gerinne des aus dem Humus absickernden Wassers, welches außer zahlreichen andern winzigen Pflanzen insbesondere mehreren schwärzlichen Krustenflechten (**Acarospora glaucocarpa, Aspicilia flavida, Lecidea fuscorubens, lithyrga** rc.) die Existenz an der Steilwand ermöglicht.

Die Menge der organischen Verbindungen, welche das von den Humuslagern der Felsterrassen herabsickernde und das über die Borke der Baumstämme abfließende Wasser gelöst zur Tiefe führt, ist übrigens eine äußerst geringe. Sie genügt aber doch vollständig dem Bedürfnisse der an den betreffenden Stellen vorkommenden Pflanzen. Die Ansprüche, welche diese an ihren Nährboden stellen, sind eben sehr bescheidene. Es darf hier wohl auch nochmals an jene schon früher (S. 93 u. 94) erwähnten Fälle erinnert werden, wo sich die Mycelien von Pilzen mit den kaum nachweisbaren Mengen organischer Verbindungen in dem Seihwasser eines Schachtes und in dem klaren Gewässer einer Hochgebirgsquelle begnügten. Es wäre diesen Fällen hier auch noch das Vorkommen von Mycelien in Holzröhren, durch welche klare Gebirgsquellen geleitet werden, anzureihen. In solchen aus Kiefernstämmen angefertigten Röhren, die schon jahrelang zur Wasserleitung benutzt wurden, und deren innere Holzschichten längst ausgelaugt sein müssen, entwickelt sich nicht selten das Mycelium des Pilzes **Lenzites sepiaria** und zwar in solcher Üppigkeit, daß es große, gelblichgraue Flocken bildet, welche, von der Innenwand der Röhre ausgehend, im strömenden Wasser flottieren. Schließlich wachsen diese Flocken in dem klaren geleiteten Quellwasser zu so umfangreichen Pilzmassen heran, daß die Röhren ganz verstopft werden und der Zufluß des Wassers unterbrochen wird. Und doch ist das durch die Röhre geleitete Quellwasser an der Einfluß- und Ausflußstelle so rein, daß man in dem durch Abdampfen gewonnenen Rückstande aus Hunderten von Litern noch keine Spur einer organischen Verbindung findet.

Bei dem Umstande, daß die meisten Verwesungspflanzen relativ nur so wenig organische Stoffe als Nahrung aufnehmen, überrascht es um so mehr, zu sehen, daß viele derselben zu gewissen Zeiten sozusagen außer Rand und Band kommen und plötzlich in das entgegengesetzte Extrem verfallen. Wenn ein recht ausgiebiges Wachstum geschildert werden soll, so heißt es, die Dinge seien wie Pilze aus der Erde emporgeschossen, und eine Persönlichkeit, welche rasch Karriere gemacht hat, wird ein Glückspilz genannt. In der That grenzt die Raschheit, mit welcher sich die Ausbildung der Fruchtkörper mancher Pilze vollzieht, ans Fabelhafte. Die auf Dünger lebenden **Coprinus**-Arten entwickeln über Nacht ihre langgestielten, hutförmigen Fruchtkörper, und bis zum Abende des folgenden Tages sind die Hüte schon wieder zerfallen und in Verwesung übergegangen, und man sieht an ihrer Stelle nichts weiter als eine schwarze, zerflossene, einem großen Tintenklexe ähnliche Masse. Das Gewicht des binnen 24 Stunden herangewachsenen Fruchtkörpers beträgt gewiß das Mehrfache von dem Gewichte des ganzen Myceliums, welches ihn erzeugte, und es ist geradezu unbegreiflich, wie dieses Mycelium, das doch wochenlang sich nur mäßig entwickelte und wenig an Umfang zunahm, ganz plötzlich und in so kurzer Zeit die Masse von Wasser und die Menge organischer Verbindungen, welche zum Aufbaue der Fruchtkörper nötig sind, aufzubringen im stande war. Auch das Ohnblatt zeigt ähnliche Verhältnisse. Nachdem dasselbe ein paar Jahre hindurch immer nur einige Äste seines unterirdischen Stengels ausgebildet hat, erzeugt es auf einmal binnen kürzester Frist fleischige Stengel mit großen Blüten, und man fragt sich erstaunt, wie es der verhältnismäßig doch

nicht große korallenartige Stock anfängt, in so kurzer Zeit so viel Nährstoffe zu gewinnen, als zum Aufbaue dieser blühenden Stengel notwendig sind. Wir stehen da eben wieder vor dem großen Rätsel der Periodizität, auf dessen Lösung wir vorläufig noch verzichten müssen.

In Beziehung auf die Qualität der Nahrung sind die Verwesungspflanzen weit wählerischer, als man erwarten möchte. Gewisse Pilze finden sich zwar allenthalben ein, wo Pflanzen in Verwesung übergehen, und es ist ganz gleichgültig, aus welchen Arten der Moder hervorgegangen ist, der ihren Mycelien als Nährboden dient. Auch für die in Dammerde nistenden Orchideen sowie für die meisten an die Baumborke gehefteten Laub- und Lebermoose ist es in der Regel ohne Belang, ob der die Unterlage bildende Baum zu den Nadelhölzern oder Laubhölzern gehört. Aber sehr viele Arten sind denn doch an ganz bestimmte in Verwesung übergegangene Pflanzen- oder Tierreste gebunden. Um in dieser Beziehung einige Beispiele zu bringen, sei erwähnt, daß gewisse kleine, zu den Hutpilzen gehörende Arten von **Marasmius** nur auf vermodernden Fichtennadeln, ein andrer kleiner Pilz, **Antennatula pinophila**, nur auf abgefallenen Tannennadeln, das dunkeln, kleinen Lettern gleichende **Hypoderma Lauri** nur auf den faulenden Lorbeerblättern und die winzige **Septoria Menyanthis** nur auf den unter Wasser verwesenden Blättern des Fieberklees (**Menyanthes trifoliata**) vorkommt. Die zimtbraunen Hüte des **Lenzites sepiaria** wachsen nur aus den gefällten abgestorbenen Stämmen der Nadelhölzer, die rußigen, schwarzen Fruchtkörper der **Bulgaria polymorpha** nur aus den gefällten Stämmen von Eichen heraus. Ein kleiner, scheibenförmiger, weißer, oben schwarz punktierter Pilz, Namens **Poronia punctata**, wird nur auf Kuhfladen, ein andrer Pilz, **Gymnoascus uncinatus**, nur auf faulendem Mäusekote und **Ctenomyces serratus** nur auf verwesenden Gänsefedern gefunden.

Daß auch manche Moose bei der Auswahl ihrer Unterlage sehr eigensinnig sind, wurde schon angedeutet (s. S. 95). Wie in den Alpen das **Splachnum ampullaceum** auf dem verwesenden Kote der Rinder, finden sich im arktischen Gebiete die prachtvollen großfrüchtigen **Splachnum luteum** und **rubrum** nur auf Renntierkot. **Tetraplodon urceolatus** trifft man im Hochgebirge nur auf den in Verwesung übergegangenen Exkrementen der Gemsen, Ziegen und Schafe, **Tetraplodon angustatus** dagegen auf den Exkrementen von Fleischfressern und **Tayloria serrata** auf zersetztem Menschenkote in der Nähe der Sennhütten. Sehr interessant ist auch das Vorkommen eines andern zu den Splachnaceen gehörenden Laubmooses, der **Tayloria Rudolfiana**. Gewöhnlich wächst dasselbe auf den Ästen alter Bäume, zumal alter Ahorne, in der Voralpenregion, und man ist versucht, zu glauben, daß es in betreff seines Nährbodens eine Ausnahme von den andern Splachnaceen bilde. Sieht man aber näher nach, so überzeugt man sich, daß auch dieses Moos nur auf dem in Verwesung übergegangenen Kote von Tieren lebt. Regelmäßig beobachtet man nämlich in der Unterlage Reste von zerkleinerten Mäuse- und Vogelknochen, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß sich diese **Tayloria** zur Ansiedelung die Exkremente ausgewählt hat, welche von Raubvögeln auf die Äste alter Bäume abgesetzt wurden. Auch von den auf der Baumborke selbst lebenden Laubmoosen ist übrigens ein Fall erwähnenswert. Während für die meisten Arten der Gattung **Dicranum** der Moder aus den Strünken von Nadelholzbäumen die beliebteste und gesuchteste Unterlage bildet, findet man eine Art, nämlich **Dicranum Sauteri**, regelmäßig nur auf der Borke der Rotbuche. Die verwetterte Rinde dieser Buche erscheint in den subalpinen Gegenden von den prächtigsten smaragdgrünen Fellen dieses Mooses überzogen, während auf den nebenstehenden Fichten und Kiefern keine Spur desselben zu sehen ist.

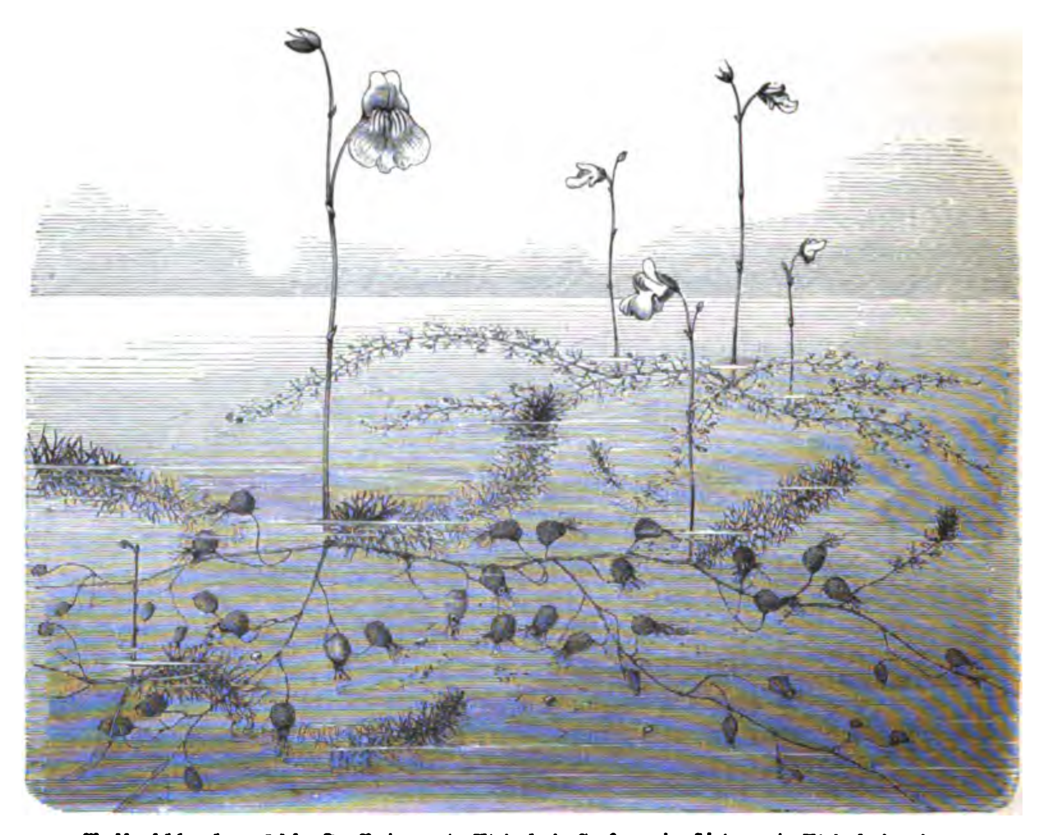
Pflanzen mit Fallen und Fanggruben für Tiere.

Mehrere Pflanzen zeigen Einrichtungen, die augenscheinlich dazu dienen, die auf die Blätter angeflogenen oder aufgekrochenen kleinen Tiere zu fangen und festzuhalten, und es wurde durch eingehende Untersuchungen ermittelt, daß der größere Teil dieser Pflanzen die erbeuteten Tiere in der einen oder andern Weise als Nahrungsquelle ausnutzt. Zumeist sind es Insekten, welche erbeutet werden, und von daher schreibt sich die Bezeichnung „insektenfressende Pflanzen“, welche man für die in Rede stehenden Gewächse gebraucht hat. Da es ganz vorzüglich das Fleisch der Insekten ist, welches zur Nahrung dient, wurde auch der Name „Karnivoren“, „fleischfressende“ oder vielleicht besser fleischverzehrende Pflanzen, in Anwendung gebracht, und da das Wichtigste bei dem ganzen Vorgange eigentlich die Verdauung, beziehentlich die Aufnahme organischer Verbindungen aus den gefangenen und verendeten Tieren ist, könnte man jene Tierfänger, welche mit Aufsaugungsorganen für das gelöste Fleisch versehen sind, auch fleischverdauende Pflanzen nennen. Wie aus den folgenden Erörterungen hervorgehen wird, deckt sich übrigens keiner dieser Namen vollständig mit den merkwürdigen Vorgängen, und es ist auch kaum möglich, eine nicht allzu schwerfällige, mundgerechte kurze Bezeichnung zu finden, welche alle Mißverständnisse im vorhinein ausschließt.

In runder Zahl kann man die Gewächse, durch welche Tiere gefangen und als Nahrung ausgenutzt werden, auf fünfhundert veranschlagen. In diesem verhältnismäßig kleinen Kreise ist aber die Mannigfaltigkeit der Einrichtungen zum Fange und zur Nahrungsaufnahme so groß, daß es zur übersichtlichen Darstellung notwendig wird, mehrere Abteilungen und Gruppen zu unterscheiden. Zunächst ergibt sich als erste Abteilung eine Reihe von Formen, an denen Hohlräume ausgebildet sind, in welche kleine Tiere zwar hinein-, aber nicht mehr herauskommen können. An den Fang- und Verdauungsorganen der hierher gehörigen Pflanzen sind keinerlei äußerlich sichtbare Bewegungen zu beobachten, und dadurch unterscheiden sie sich von den Formen einer zweiten Abteilung, welche infolge eines von den berührenden Tieren ausgehenden Reizes bestimmte Bewegungen vollführen, welche zum Zwecke haben, die Beute mit möglichst viel Verdauungssaft zu überziehen. Endlich ergibt sich noch eine dritte Abteilung, deren Formen weder Fallgruben zeigen, noch auch besondere Bewegungen ausführen, deren Blätter aber zu Leimspindeln geworden sind, an welchen die Tiere kleben bleiben und auch verdaut werden.

Die erste und umfangreichste Gruppe der ersten Abteilung ist jene der Utrikularien oder Wasserschlauchgewächse. Ihre Fangvorrichtungen stellen kleine Blasen dar, deren Mundöffnung durch eine Klappe verschlossen ist, welche wohl ein Eindringen in den Hohlraum der Blase gestattet, aber eine Rückkehr aus demselben unmöglich macht. Die Utrikularien sind Pflanzen ohne Wurzeln, welche sich unter Wasser schwebend erhalten und je nach der Jahresperiode bald zum Grunde der Wasseransammlung hinabsinken, bald wieder in die obersten Schichten emporsteigen. Wenn der Winter heranrückt und das Tierleben in den obern erkaltenden und erstarrenden Wasserschichten zu Ende geht, häufen sich die Blätter an den Spitzen der flottierenden Stengel zu kugeligen Winterknospen, die ältern Teile der Stengel samt den Blättern sterben ab und ihre bisher mit Luft gefüllten Räume füllen sich mit Wasser, sie sinken in die Tiefe und ziehen dabei auch die Winterknospen mit hinab. Nach überstandenem Winter strecken sich diese Knospen, lösen sich von den alten Stengeln ab, steigen in die obern Wasserschichten, wo sich bereits unzählige kleine Wassertiere herumtummeln, empor und entwickeln hier in rascher Aufeinanderfolge zweireihig

gestellte Seitenstengel. Diese sind entweder sämtlich gleichmäßig mit Blättern besetzt, welche in haarfeine, wiederholt gabelig geteilte Zipfel gespalten sind, oder es ist nur die eine Hälfte mit solchen Blättern bekleidet, während die andre Hälfte die erwähnten Blasen trägt. Das erstere ist bei der in untenstehender Abbildung im Hintergrunde dargestellten Utricularia minor, das letztere bei der im Vordergrunde dargestellten Utricularia Grafiana der Fall. Bei jenen sieht man an den Hauptabschnitten der Blätter, und zwar gewöhnlich ganz nahe ihrer Abzweigung, an kurzen Stielchen, die schief ellipsoidischen Blasen, welche bei den klei-

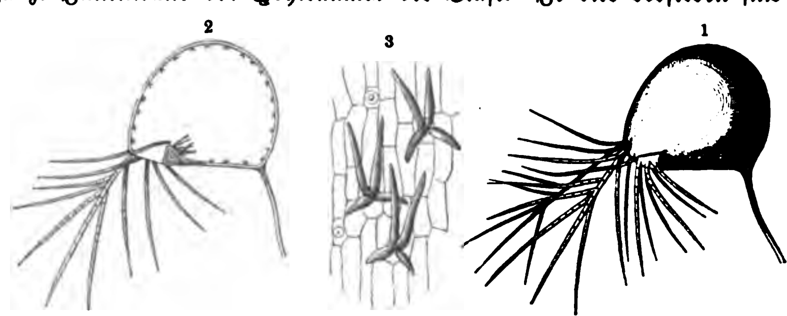


Wasserschlauchgewächse: Im Vordergrunde Utricularia Grafiana; im Hintergrunde Utricularia minor.

nern Arten, wie z. B. bei Utricularia minor, 2 mm Ausmaß zeigen, bei diesen sind die Blasen länger gestielt und besitzen einen Durchmesser von 5 mm. Die Blasen sind immer blaßgrünlich, teilweise durchscheinend, von zwei Seiten her etwas zusammengedrückt und zeigen eine stärker gewölbte Rücken- und eine schwach gekrümmte Bauchseite. In das Innere dieser gestielten Blasen führt eine Mundöffnung, deren Umrahmung mit eigentümlichen steifen, spitz auslaufenden Borsten besetzt ist. Der rundlich-viereckige Mund selbst ist wie von Lippen berandet; die Unterlippe ist stark verdickt und mit einem gegen das Innere der Blase vorspringenden festen Wulste versehen. Von der Oberlippe geht eine dünne, durchscheinende, schief gestellte, wie ein Vorhang hinabhängende Klappe aus (s. Abbildung, S. 113), welche mit ihrem freien Rande der Innenseite des Unterlippenwulstes anliegt und die ganze Mundöffnung verschließt. Diese Klappe ist sehr elastisch und gibt jedem von außen kommenden Drucke leicht nach. Ein an dieselbe anstoßendes winziges Tier vermag sie ohne Schwierigkeit von der Unterlippe weg in den Innenraum der Blase vorzudrängen und durch den so

gebildeten Spalt einzuschlüpfen. Sobald aber das Tier in den Hohlraum gelangt ist und der Druck auf die Klappe aufgehört hat, legt sich diese vermöge ihrer Elastizität wieder an die Unterlippe an. Durch einen Druck von innen her kann die Klappe nicht geöffnet werden; sie liegt nämlich mit ihrem freien Rande so auf dem vorspringenden Wulste der Unterlippe, daß es dem kleinen Tiere unmöglich ist, sie über denselben hinaus nach außen zu drängen.

Der ganze Apparat ist eine Falle, welche kleinen Wassertieren, wie schon bemerkt, das Hineinschlüpfen, aber nicht das Hinausschlüpfen gestattet. Die meisten in die Blasen geratenen Tiere machen zwar verschiedene Anstrengungen, um dem Gefängnisse noch zu entrinnen, es ist jedoch alles vergeblich. Manche gehen schon in kurzer Zeit, nach etwa 24 Stunden, zu Grunde, andre leben noch zwei bis drei, ja manche bis sechs Tage; endlich aber müssen sie den Erstickungstod oder Hungertod erleiden, gehen in Verwesung über, und die Produkte der Verwesung werden von besondern in der Blase ausgebildeten Saugzellen aufgenommen. Diese Saugzellen (s. untenstehende Abbildung, Fig. 3) sind länglich-lineal, fast stäbchenförmig und bekleiden die ganze Innenwand des Hohlraumes der Blase. Je vier derselben sind mit einer gemeinsamen Fußzelle verbunden und so gestellt, daß sie zusammen ein Kreuz bilden. Die Fußzellen selbst sind der innern Zellenlage der Blase eingeschaltet. Durch diese sternförmig gruppierten Zellen werden nun die organischen Stoffe aus den in Zersetzung übergehenden Leichnamen der gefangenen Tiere aufgesaugt und gehen von da zunächst in die Fußzellen und weiterhin in die andern angrenzenden Zellen der Blase und der ganzen Pflanze über.



Fallen der Utricularia neglecta: 1. eine Blase, 4mal vergrößert. — 2. Durchschnitt durch eine Blase. — 3. Saugzellen an der Innenwand der Blase, 250mal vergrößert. Vgl. Text, S. 112 u. 113.

Die in die Blasen hineinschlüpfenden Tiere gehören der Mehrzahl nach den Krebsen an. Zumeist sind es Larven und auch ausgewachsene Individuen kleiner Cypris-, Daphnia- und Cyclops-Arten, welche in die Falle gehen; aber auch Larven von Mücken und verschiedenen andern Insekten, kleine Würmer und Infusorien werden nicht selten in den Blasen gefangen angetroffen. Die Zahl der gefangenen Tierchen ist verhältnismäßig groß. In einzelnen Blasen wurden die Reste von nicht weniger als 24 kleinen Krebsen beobachtet. Sehr reichlich ist die Beute, welche die in den kleinen stehenden Tümpeln der Torfmoore lebende **Utricularia minor** (s. Abbildung, S. 112) macht. Auch die nordamerikanische **Utricularia clandestina** scheint mit ihren Fangvorrichtungen besonders guten Erfolg zu haben.

Was die Tiere veranlaßt, die Klappen aufzudrücken und so in die Falle zu gehen, ist nicht ganz aufgeklärt. Man könnte annehmen, daß sie in dem Hohlraume der Blase Nahrung vermuten, oder aber, daß sie in demselben ein Obdach zu zeitweiliger Ruhe oder auch Schutz gegen Verfolger zu finden hoffen. Für die letztere Auffassung würde insbesondere der Umstand sprechen, daß der Zugang zu der von der Klappe verhüllten Mundöffnung der Blasen durch vorgestreckte starre und spitze Borsten größern Tieren verwehrt ist (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1). Nur sehr kleine Tiere, welche zwischen den verhältnismäßig großen Borsten leicht hindurchschlüpfen können, gelangen in das Innere der Blasen, größere dagegen, welche den ganzen Fangapparat schädigen würden, sind von der Annäherung abgehalten. Hiernach ist es das Wahrscheinlichste, daß die von größern Tieren verfolgten kleinern sich in

die Schlupfwinkel hinter den Borsten zu flüchten suchen und dabei in die Falle geraten. Auffallend ist auch der Umstand, daß die Blasen der in stehenden Gewässern lebenden Utrikularien gewissen Muschelkrebsen, zumal den Arten der Gattung **Daphnia**, täuschend ähnlich sehen. Die Blase selbst zeigt Größe und Form des von den Schalen bedeckten Körpers, und die Borsten gleichen den Antennen und Schwimmfüßen dieser Krebse. Ob auch dieser sonderbaren Ähnlichkeit der Gestalten irgend eine Bedeutung zukommt, mag dahingestellt bleiben.

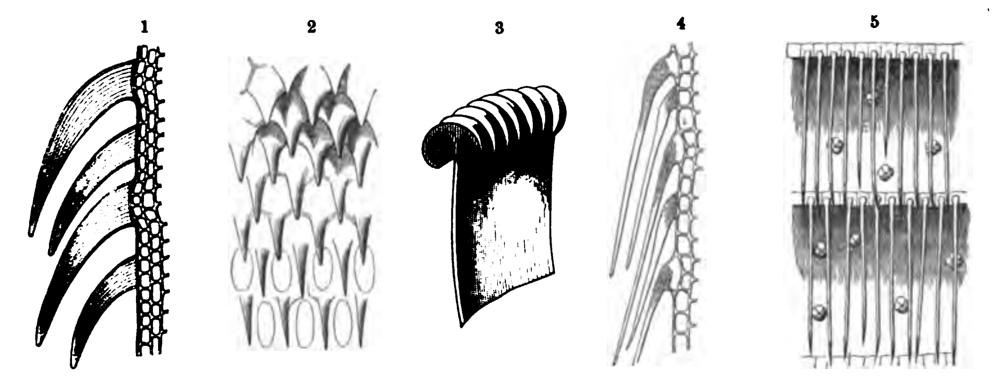
Die Mehrzahl der Utrikularien lebt in Wassertümpeln, in den moorigen Gründen längs der Flußläufe, auch in den kleinen Wasseransammlungen zwischen Riedgraspolstern in den Torfsümpfen, wo so recht der Tummelplatz jener kleinen Geschöpfe ist, die in die Falle gehen sollen, und wo in jeder Handvoll herausgeschöpften Wassers Hunderte von Mückenlarven, Wasserflöhen, Muschelkrebsen und einäugigen Kyklopen sich haschen, verfolgen und durcheinander fahren. Eine Art dieser Gewächse wohnt im Orgelgebirge Brasiliens in den mit Regenwasser angefüllten Nischen, in den Pflanzenstöcken der Tillandsien, jenen mit der Ananaspflanze verwandten Gewächsen, deren rosettig gestellte hohlkehlenförmige Blätter sich so aufeinander legen, daß vor jedem Blatte eine Nische oder Grube entsteht, welche sich wie eine Zisterne mit Regenwasser füllt. In diesen kleinen Zisternen treibt sich immer mancherlei kleines Getier herum, und fast jede derselben ist der Schauplatz der Thätigkeit einer **Utricularia nelumbifolia**, die übrigens auch dadurch bemerkenswert ist, daß aus ihren Stengeln lange Ausläufer hervorsprießen, die aus einer Zisterne heraus im weiten Bogen zu einem benachbarten **Tillandsia**-Stocke hinüberwachsen, sich dort einen der Wasserbehälter der Rosette zum neuen Wohnorte aufsuchen und in das Wasser hinabtauchen, eine seltsame Vermehrungsweise, auf welche bei andrer Gelegenheit noch die Rede kommen wird.

Einige Utrikularien leben übrigens gar nicht im Wasser, sondern wachsen zwischen Laubmoosen, Lebermoosen und Bärlappen in der Dammerde, welche die Spalten und Klüfte der Felsen und die Ritzen in der Borke alter Bäume erfüllt. So z. B. die zierliche brasilische **Utricularia montana**, welche aber trotz des so abweichenden Standortes doch mit Fangvorrichtungen ausgestattet ist, welche der früher gegebenen Schilderung in allen wesentlichen Stücken entsprechen. Die Blasen, welche diesen Pflanzen zum Erbeuten der Tiere dienen, entwickeln sich an unterirdischen fadenförmigen, die Dammerde und das Gefilz der verwesten Moosstämmchen durchspinnenden und stellenweise zu Knöllchen angeschwollenen Stengeln, sind glashell und durchsichtig, mit wässeriger Flüssigkeit, mitunter auch mit Luft gefüllt, nur einen Millimeter groß, aber in sehr großer Anzahl vorhanden. Der Eingang in die Höhlung der Blase ist weit mehr versteckt als bei den wasserbewohnenden Arten. Dadurch, daß der Rücken der Blase noch stärker gewölbt und gekrümmt ist, erscheint die Mundöffnung sogar dem Stielchen der Blase ganz nahe gerückt; auch erscheint die Mundöffnung gleichsam überdacht und dadurch gegen die Verstopfung mit Erdteilchen geschützt, und es führt nur ein sehr enger Gang zu derselben hin. Daß trotz dieses erschwerten Zuganges dennoch zahlreiche winzige Tiere hier einen Schlupfwinkel zu finden glauben, beweist der Umstand, daß man in diesen Blasen nebst verschiedenen in feuchter Erde lebenden Infusorien, Rhizopoden und dergleichen auch **Acarus**-Arten und Larven verschiedener andrer Tiere als Gefangene und als Leichen gefunden hat.

Dieser ersten Gruppe der ersten Abteilung tierfangender Pflanzen, deren Fangapparat mit einer Klappe versehen ist, welche den in die Falle gegangenen Tieren den Rückweg verlegt, schließt sich die zweite Gruppe, die der Schlauch- und Kannenpflanzen, an, deren Laubblätter zu Fallgruben umgestaltet sind, aus welchen den Gefangenen der Rückweg durch unzählige die Innenwand der Hohlräume bekleidende, von der Öffnung gegen den geschlossenen Grund gerichtete Spitzen verwehrt wird. Der Gestalt nach

sind die Fallgruben außerordentlich verschieden. Bald sind es röhren-, schlauch- und trichterförmige, bald krug-, kannen- und urnenförmige Höhlungen, bald sind diese gerade, bald sichelförmig aufgebogen oder schraubig gedreht; stets gehen sie aus jenem Teile des Blattstieles hervor, welchem unmittelbar die Blattfläche oder Blattspreite aufsitzt; immer ist auch die Blattspreite verhältnismäßig klein, stellt in der Mehrzahl der Fälle eine Schuppe oder einen Lappen dar und erscheint nur wie ein Anhängsel auf dem großen, ausgeweiteten und ausgehöhlten Stiele. An manchen Schlauch- und Kannenpflanzen nimmt sich die kleine Blattspreite wie ein Deckel aus, welcher sich über die Mündung der Fallgrube stellt, wie das z. B. an der Abbildung, S. 118, Fig. 4, zu sehen ist, während sie an andern (Nepenthes ampullaria und vittata) die Gestalt einer Handhabe oder eines Stieles hat und als Anflugsplatte für die zu den Krügen herankommenden Tiere dient.

An jeder Fallgrube ist immer dreierlei zu unterscheiden: zunächst ein Anlockungsmittel für die Tiere, zweitens eine Einrichtung, welche die angelockten Tiere zu Falle bringt



Stachlige Gebilde in den Fallgruben tierfangender Pflanzen: 1. Genlisea; ein Stück der Röhre von innen gesehen. — 2. Heliamphora nutans; Stacheln an der Wand der Fallgruben. — 3. Sarracenia purpurea; ein Stück des Schlauches aus der Nähe der Mündung; von innen gesehen. — 4. Sarracenia purpurea; Längsschnitt durch die mit Stachelborsten besetzte Haut im untern Teile des Schlauches. — 5. Nepenthes hybrida. Stachelbesatz an der Mündung der Kanne. — 1, 2, 4, 5. stark, 3. schwach vergrößert. Vgl. Text, S. 117 und 125.

und zugleich verhindert, daß die einmal in das Verlies Gefallenen zurückkehren und durch die Eingangspforte wieder entschlüpfen, und drittens eine Ausbildung, welche die Zersetzung oder Auflösung der im Grunde der Fallgruben verendeten Tiere veranlaßt und die Aufnahme der Verwesungsprodukte als Nahrung möglich macht. Die Anlockungsmittel sind ähnlich denjenigen, welche kleine Tiere zum Besuche der Blüten veranlassen, vor allem Honig und dann häufig auch lebhafte bunte Farben, durch welche die honigabsondernden Stellen den Tieren, zumal den geflügelten Insekten, auf weithin kenntlich gemacht werden. Das Entweichen der einmal in die Höhlung des Blattstieles eingegangenen Tiere wird, wie schon erwähnt, durch einen Besatz aus spitzen, nach abwärts gerichteten Haaren oder mannigfaltigen stachelförmigen Bildungen an der Innenwand der Höhlung verhindert. Die Zersetzung und Auflösung der gefangenen Tiere vermitteln Flüssigkeiten, welche von besondern Zellen im Grunde der Schläuche und Kannen ausgeschieden werden.

Obschon nun in betreff der Aufeinanderfolge und des Ineinandergreifens dieser dreierlei Einrichtungen alle Schlauch- und Kannenpflanzen miteinander übereinstimmen, so sind doch im einzelnen so erhebliche Unterschiede und so merkwürdige Dinge in den Fallgruben zu sehen, daß es sich wohl der Mühe lohnt, die auffallendsten derselben kennen zu lernen.

In erster Linie erwähnenswert ist die mit den Utrikularien durch den Blüten- und Fruchtbau nahe verwandte Gattung Genlisea. Dieselbe besteht aus einem Dutzend im Wasser und an sumpfigen Orten wachsenden Arten, von welchen eine das tropische und

südliche Afrika bewohnt, während die andern in Brasilien und Westindien heimisch sind. Neben spatelförmigen gewöhnlichen Blättern besitzen die meisten dieser Genliseen auch Blattgebilde, die in Fallgruben umgestaltet sind. Jede Fallgrube besteht aus einem engen, langen, cylindrischen Schlauche, welcher an seinem blinden Ende blasenförmig erweitert, an der gegenüberliegenden schmalen Mündung mit zwei eigentümlichen, schraubig gedrehten, bandförmigen Fortsätzen besetzt ist. Die Schlauchmündung ist mit sehr kleinen, spitzen, einwärts gekrümmten Zähnen besetzt, und der röhrenförmige Teil des Schlauches ist entlang seiner ganzen Innenwand mit unzähligen kleinen Börstchen ausgekleidet, die von



Sarracenia purpurea. Vgl. Text, S. 117 und 122.

leistenartig in den Innenraum vorspringenden Zellenreihen ausgehen und mit ihren scharf zugespitzten Enden nach abwärts gerichtet sind (s. Abbildung, S. 115, Fig. 5). Außerdem finden sich über die ganze Wand verstreut unter und zwischen diesen Nadeln noch kleine, rundliche, aus vier oder acht Zellen zusammengesetzte, warzenförmige Drüsen. Der Grund des blasenförmigen Hohlraumes, in welchen der Schlauch unten übergeht, ist ohne spitze Borsten und zeigt nur reihenweise gestellte Drüsen. Kleine Würmer, Milben und andre Gliedertiere, welche durch den Mund des Schlauches eindringen, können leicht bis zum erweiterten Grunde gelangen. Sobald sie aber den Rückweg anzutreten versuchen, starren ihnen die Spitzen von tausend kleinen Borsten entgegen. Sie sind gefangen, verenden, und es werden die Zersetzungsprodukte ihrer Leichname durch die erwähnten Drüsen im Grunde der Blase und an den Wandungen des Schlauches aufgesaugt.

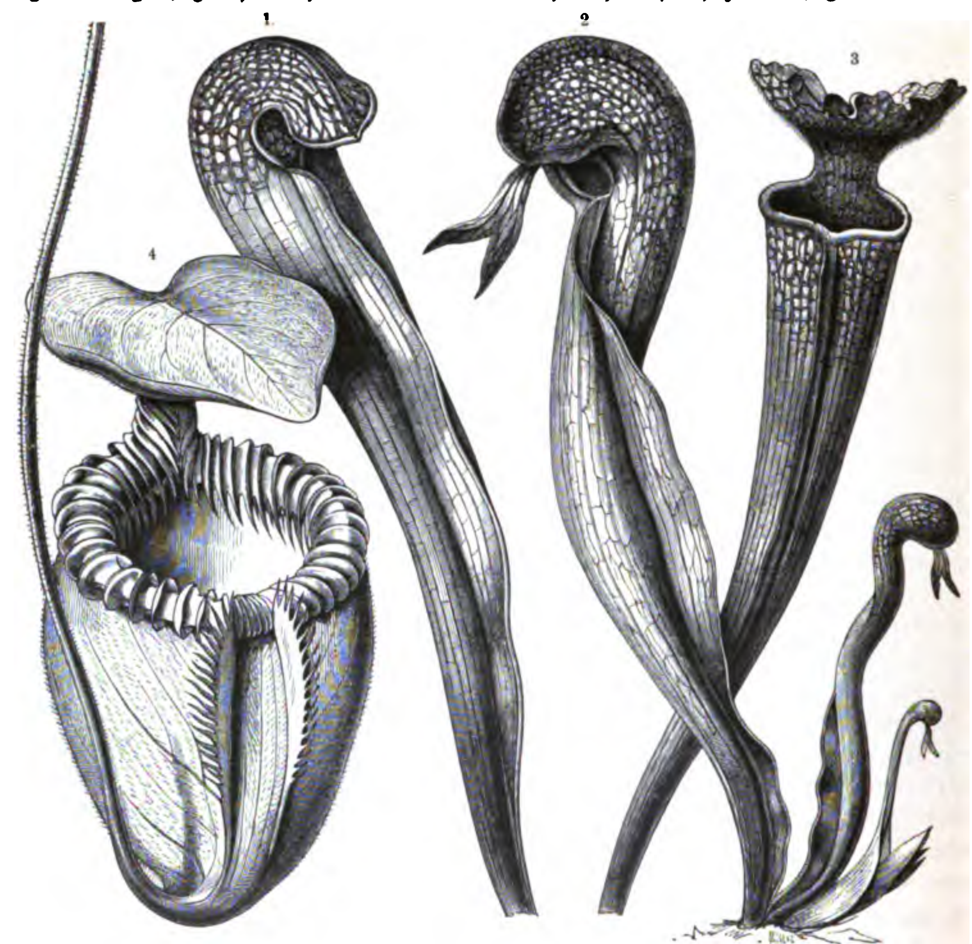
Für eine zweite Reihe von Tierfängern aus der Gruppe der Schlauch- und Kannenpflanzen können als Vorbilder die an der Grenze von Britisch-Guayana in den Gebirgen von Roraima auf moorigen Gründen heimische Heliamphora nutans und die in Sümpfen

des östlichen Nordamerika von der Hudsonbai herab bis Florida weitverbreitete Sarracenia purpurea (s. Abbildung, S. 116) gelten. Bei beiden sind die in Schläuche metamorphosierten Blätter rosettig gestellt, liegen mit ihrer Basis der feuchten Erde auf, krümmen sich von da bogenförmig empor, sind ungefähr in der Mitte etwas blasig aufgetrieben, an der Mündung dagegen wieder verengert und gehen dort in die verhältnismäßig kleine Blattspreite über. Die Blattspreite ist von roten Striemen wie von Blutadern durchzogen, hat eine muschelförmige Gestalt und wendet ihre konkave Seite dem einfallenden Regen zu. Sie dient auch, wenigstens bei Sarracenia purpurea, zum Auffangen der Regentropfen, welche von ihr in den Grund des Schlauches hinabfließen und diesen mehr oder weniger hoch mit Wasser füllen. Aus den bogig gekrümmten Schläuchen verdunstet das Wasser nur sehr langsam. Selbst dann, wenn es eine Woche lang nicht geregnet hat, findet man in der Tiefe von früher her noch immer etwas Wasser angesammelt. Die Zellen, welche die Innenseite des Schlauches auskleiden, sind wie die Schmelzschuppen auf dem Rücken eines Hechtes angeordnet (s. Abbildung, S. 115, Fig. 2); die gegen den Hohlraum vorspringende Wand jeder dieser Zellen gestaltet sich zu einer starren, nach abwärts gerichteten Spitze, und je weiter nach abwärts, desto länger werden diese Spitzen. Die muschelförmige Blattspreite über der verengerten Mündung des Schlauches dagegen trägt Drüsenhaare, welche Honig ausscheiden, so daß die Umgebung der Schlauchmündung mit einer dünnen Schicht des süßen Saftes überzogen ist.

Durch diesen Honig werden nun zahlreiche kleine Tiere angelockt, teils geflügelte, welche angeflogen kommen, teils ungeflügelte, welche eine eigentümliche, an der konkaven Seite des Schlauches vorspringende Leiste zum Emporkriechen benutzen. Gelangen diese Näscher des Honigs von der Blattspreite weg in jene Region der schlauchförmigen Kanne, welche mit den nach abwärts gerichteten glatten und schlüpfrigen Zellen tapeziert ist (s. Abbildung, S. 115, Fig. 2), was sehr leicht geschieht, so sind sie auch so gut wie verloren; sie gleiten über diese Zellen nach abwärts; jeder Versuch, wieder in die Höhe zu kommen, wird durch die tiefer unten die Wand bekleidenden, abwärts starrenden nadelförmigen Spitzen (s. Abbildung, S. 115, Fig. 4) vereitelt, und schließlich fallen sie in die mit Wasser gefüllte Tiefe, wo sie ertrinken und verwesen. Die Produkte der Verwesung aber werden von den Oberhautzellen im Grunde des Schlauches als Nahrung aufgesaugt. Manchmal ist die Menge derartig verunglückter Tiere so groß, daß sich von den zerfallenden Leichen ein widerlicher Geruch entwickelt, der den Schläuchen entsteigt und sich auf ziemliche Entfernung bemerkbar macht. Im Freien sollen die kannenförmigen Schläuche oft bis zur Mitte mit ersäuften Tieren erfüllt sein, und es wird erzählt, daß sich dann auch Vögel einstellen, welche einen Teil der toten Tiere aus den Schläuchen herauspicken.

Ob die Flüssigkeit, welche den Grund der Schläuche erfüllt, nur aus Regenwasser besteht, oder ob dieses Regenwasser nicht doch vielleicht durch eine aus den drüsenartig gruppierten Zellen (s. Abbildung, S. 139, Fig. 7) herstammende Ausscheidung des Sarracenia-Blattes verändert wird, ist noch zweifelhaft. Ein über 4 cm langer Tausendfuß, welcher im Laufe der Nacht in einen der Schläuche der Sarracenia purpurea fiel, war nur zur Hälfte unter Wasser gekommen, die obere Hälfte des Tieres ragte über die im Schlauchgrunde angesammelte Flüssigkeit empor und machte lebhafte Versuche, zu entkommen; der untere Teil aber war nach wenigen Stunden nicht nur bewegungslos geworden, sondern erhielt infolge des Einflusses der umgebenden Flüssigkeit auch eine weiße Farbe, war wie maceriert und zeigte Veränderungen, welche an den in gewöhnliches Regenwasser gefallenen Tausendfüßern in so kurzer Zeit nicht beobachtet werden. Sind einmal mehrere in die Falle gegangene Tiere in Zersetzung übergegangen, dann färbt sich die Flüssigkeit braun und bekommt ganz das Ansehen einer Jauche.

Sehr auffallend weicht von den Schläuchen der Sarracenia purpurea der Fangapparat jener Pflanzen ab, für welche als Beispiele die in den Sümpfen von Alabama, Florida und Carolina heimische Sarracenia variolaris und die in der Seehöhe von 300 bis 1000 m in Kalifornien von der Grenze Oregons bis zu dem Mount Shasta an moorigen Stellen wachsende Darlingtonia Californica aufgeführt werden mögen. Bei beiden ist die sauer reagierende Flüssigkeit, welche den Grund der Schläuche erfüllt, zuverlässig nur von den



Schlauch- und Kannenpflanzen: 1. Sarracenia variolaris. — 2. Darlingtonia Californica. — 3. Sarracenia laciniata. — 4. Nepenthes villosa, um die Hälfte verkleinert. Vgl. Text, S. 115, 118, 120 und 125.

Zellen im Innern der Höhlung selbst ausgeschieden, und es ist ganz unmöglich, daß auch nur ein Tropfen des auf die Pflanze niederfallenden Regens oder Taues in das Innere der Höhlung gelange. Die Aushöhlung des Blattstieles ist bei beiden genannten Pflanzen schlauch- oder röhrenförmig und nach oben zu nur wenig erweitert. Am obern Ende der Röhre ist aber die Rückseite jedes Blattes kappen- oder helmartig ausgehöhlt und bildet ein kuppelförmiges Gewölbe, wie es an obenstehender Abbildung, Fig. 1 und 2, zu sehen ist. Die Mündung des Schlauches, beziehentlich der Eingang in denselben ist infolgedessen versteckt und stellt einen Schlitz oder ein Loch unter dem kuppelförmigen Gewölbe dar. Die Blattspreite ist bei Sarracenia variolaris zu einem kleinen, die Schlauchmündung überdachenden, bei Darlingtonia zu einem fischschwanzartigen, vor der

Schlauchmündung herabhängenden Lappen umgewandelt (s. Abbildung, S. 118). Während der untere Teil einfarbig grün ist, erscheint der obere Teil des Schlauches, namentlich die Kuppel und das lappenförmige Anhängsel, rot gerippt und geädert und stellenweise ganz purpurn überlaufen; zwischen den Adern aber ist die Wandung verdünnt, durchscheinend, blaßgrün oder weißlich, und es machen diese durchscheinenden hellen Flecke, umrahmt von den purpurnen oder grünen Rippen, den Eindruck kleiner Fensterchen, zumal dann, wenn man von innen her gegen die Kuppel zu blickt. Die Mengung von Grün, Rot und Weiß gibt den obern Teilen der Blätter ein buntes Aussehen, so daß man sie von fern für Blumen halten könnte.

Ohne Zweifel werden auch durch diese bunten Farben Insekten angelockt, welche sowohl um die Mündung als auch an der innern Seite der Kuppel Honig abgeschieden finden und diesen begierig saugen und lecken. Bei Sarracenia variolaris ist zudem auch an der Schneide einer breiten Leiste, welche vom Boden bis zur Mündung am Schlauche hinaufzieht, Honig zu sehen, und es bildet diese Leiste einen beliebten Pfad für die ungeflügelten Insekten, zumal Ameisen, welche besonders eifrig dem Honig nachgehen. Freilich ist es für sie ein Pfad zum Verderben, denn wenn sie, allmählich der honigbesäumten Leiste folgend, zur Mündung des Schlauches gekommen und dort eingedrungen sind, geraten sie fast unvermeidlich auch auf die glatten, abwärts gekehrten Spitzen der Oberhautzellen, die ganz ähnlich wie bei Sarracenia purpurea gestaltet sind, vermögen sich hier nicht zu halten und glitschen in die Tiefe des Schlauches hinab. Kleine geflügelte Insekten, welche angeflogen waren und im Innern der Schläuche ins Rutschen kamen, benutzen dann wohl auch ihre Flügel, um sich zu retten; sie finden aber niemals die schief abwärts gerichtete, in Schatten gestellte Öffnung, die sie als Eingangspforte benutzt hatten, sondern suchen regelmäßig durch die Kuppel zu entkommen, da von ihnen die verdünnten Stellen der Kuppel, durch welche das Licht in den Innenraum des Schlauches einfällt, für Löcher gehalten werden, durch welche ihnen ein Entrinnen noch möglich scheint. Wie aber die Fliegen an die Glastafeln der Fenster in den Stuben anprallen, wenn sie dort einen Ausweg ins Freie zu finden hoffen, ganz ähnlich stoßen die in die Schläuche der Sarracenia variolaris und Darlingtonia Californica gekommenen kleinen Insekten, welche sich durch Davonfliegen retten wollen, an diese gefensterten Kuppeln an, fallen aber immer wieder wie in eine Zisterne in den Grund der Schläuche hinab. Sind sie in die dort ausgeschiedene Flüssigkeit versunken oder mit derselben auch nur teilweise in Berührung gekommen, so werden sie betäubt, aber nicht sogleich getötet. Manchmal sind sie noch zwei Tage nach ihrer Einkerkerung am Leben, und es wäre daher irrig, zu glauben, daß die Flüssigkeit in der Tiefe der Kanne auf die in die Falle gegangenen Tiere als tödliches Gift einwirkt; wohl aber befördert sie die Verwesung und den Zerfall der im Kerker verhungerten und erstickten Tiere, und es entsteht, wie bei den früher besprochenen Schlauchpflanzen, eine braune Jauche von sehr unangenehmem Geruche und ein Absatz aus festen, schwer zersetzbaren Skeletteilen, den Flügeldecken, Klauen und Brustschildern der verschiedenen Käfer, Wanzen, Fliegen, Ameisen und andern verunglückten kleinen Insekten.

Die Menge der gefangenen Tiere ist eine sehr bedeutende; in den schlauchförmigen Kannen der an ihren natürlichen Standorten gewachsenen Sarracenia variolaris, welche eine Länge von 30 cm erreichen, findet man die tierischen Reste gewöhnlich 8—10 cm hoch aufgeschichtet, ja selbst Schichten von Leichnamen in der Höhe von 15 cm wurden in denselben beobachtet. Ähnliches gilt von Darlingtonia, deren bis zu 60 cm hohe Schläuche am Schlusse einer Vegetationsperiode 10—18 cm hohe Lager von Insektenresten bergen. Dabei ist zu bemerken, daß sich in den Schläuchen der Sarracenia variolaris vorwaltend flügellose, auf der Erde kriechende, im Grunde der Fanggruben der Darlingtonia dagegen meistens geflügelte Insekten finden. Der Grund hiervon ist leicht einzusehen. Die erstgenannte Pflanze scheidet an der Leiste, welche von der Mündung des Schlauches bis zum Boden herabzieht,

Honig ab, und es werden dadurch viele flügellose Insekten veranlaßt, entlang diesem verlockenden Pfade emporzuklettern und den Innenraum des Schlauches zu betreten; der Darlingtonia dagegen fehlt der Honig an diesen herablaufenden Leisten, sie bietet die süße Speise nur oben in der Umgebung der Mündung des Schlauches für fliegende, in der Regel nur honigreiche Blüten besuchende Insekten aus, und die purpurrot gefärbte, fischschwanzartige Schuppe, die wie ein Wirtshausschild vor dem Eingange in das Innere des Schlauches herabhängt, bildet gerade für die mit lebhaftem Farbensinn begabten fliegenden Tiere ein weithin sichtbares Anlockungsmittel, das, wie die Erfahrung zeigt, auch die Wirkung nicht verfehlt.

Welche Bedeutung der schraubenförmigen Drehung der Darlingtoniablätter (s. Abbildung, S. 118, Fig. 2) zukommt, ist schwer zu sagen. Vielleicht wird dadurch die Flucht der einmal in die Tiefe der Fallgruben geratenen Tiere noch erschwert. Bei einem Versuche, durch Benutzung der Flügel aus dem Grunde des Schlauches zu entkommen, wird ein an der Innenwand mit abwärts gerichteten Spitzen bekleideter und dabei schraubig gedrehter Kanal jedenfalls weit schwieriger zu passieren sein als ein solcher, der gerade aufsteigt und sich nach oben zu erweitert. Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß sich einige Fliegen sowie auch eine kleine Motte die Schläuche der eben erwähnten beiden Gewächse, welche doch für die meisten Insekten so verhängnisvoll werden, zum gewöhnlichen Wohnplatze ausgewählt haben. Insbesondere ist es eine Schmeißfliege (Sarcophaga Sarraceniae), deren Maden oft massenhaft in den aufgeschichteten verwesenden Insektenleichen im Grunde der Schläuche leben und sich dort ernähren, ähnlich wie die Maden ihrer Verwandten im faulen Fleische der Vögel und Säugetiere. Die Maden verlassen dann, wenn sie ausgewachsen sind, durch Löcher, welche sie sich in die Seitenwand der Schläuche bohren, das Leichenfeld und verpuppen sich in der Erde. Die Fliege selbst aber kommt ungefährdet aus und ein durch die für andre Insekten so gefährlichen Fallgruben und ist hierzu durch eine ganz besondere Vorrichtung an ihren Füßen befähigt. Sie besitzt nämlich so lange Klauen und so lange, sohlenartige Haftlappen am letzten Fußgliede, daß sie damit zwischen den schlüpfrigen, spitzen, abwärts gerichteten Haaren an der Innenwand des Schlauches durchstoßen und sich in die tiefern Schichten der Wand einhaken kann. Mit diesem Apparate, den man mit den Steigeisen eines Bergsteigers vergleichen könnte, ist sie im stande, über die für andre Insekten unersteigliche Innenwand des Schlauches emporzukommen. Ähnlich verhält es sich auch mit der kleinen Motte Xanthoptera semicrocea. Diese hat lange Sporen an den Schienbeinen und zwar an jenen der beiden mittlern Extremitäten je ein Paar, an jenen der beiden hintern Extremitäten je zwei Paare, und mit Hilfe dieser langen, spitzen Sporen vermag sie gleichfalls die gefährlichen Stellen der Wand ohne Nachteil zu überschreiten. Ihre Raupen aber überkleiben die spitzen, schlüpfrigen Haare mit einem Gespinste, wodurch diese gleichfalls unschädlich gemacht werden.

Das Vorkommen dieser Tiere in den Mördergruben der Sarracenien ist insofern von besonderm Interesse, als es zeigt, daß die im Grunde der Schläuche umgekommenen Tiere nicht eigentlich verdaut werden. Wenn madiges Fleisch in den Magen eines Fleischfressers kommt, so wird nicht nur das Fleisch selbst, sondern es werden auch die Maden (die ja, in den Magen gelangt, sofort absterben) durch den Einfluß des Magensaftes rasch gelöst. Ähnlich verhält es sich wohl auch bei mehreren auf den nächsten Blättern noch zu besprechenden Tierfängern. Dem Safte, welcher in den Schläuchen der Darlingtonia und Sarracenia variolaris ausgeschieden wird, kann aber diese verdauende Wirkung nicht zukommen; denn sonst würden sich die Maden in der aufgeschichteten Masse aus faulenden Insekten nicht lebend erhalten und ernähren können; seine Wirkung beschränkt sich nur auf Beförderung der Verwesung und die Bildung von Jauche oder, mit andern Worten, eines flüssigen Düngers, welcher von den Oberhautzellen im Grunde der Schläuche als Nahrung aufgesaugt wird.

Eine weitere Reihe der Schlauch- und Kannenpflanzen begreift Formen mit Blattstielen, die sich als symmetrische Aussackungen darstellen, deren Mündung nach oben gekehrt ist, und über welche sich die Blattspreite wie ein schützender Deckel ausbreitet. Am häufigsten zeigen bei den hierher gehörenden Pflanzen die Fallgruben die Gestalt von Kannen, Krügen, Urnen, Kelchen und Trichtern, und der Deckel ist über die Mündung der Hohlräume meistens so gestellt, daß er zwar das Einfallen von Regentropfen, aber durchaus nicht das Eindringen von Tieren verhindert. Es stellen sich in diese Reihe zunächst wieder einige Sarracenien, namentlich Sarracenia Drummondii und S. undulata, dann der australische Cephalotus follicularis und endlich die zahlreichen Arten der Gattung Nepenthes, welch letztere von den Gärtnern mit dem Namen „Kannenpflanzen" im engern Sinne bezeichnet werden.

Die Blätter der beiden eben genannten Sarracenien sind ungleich; ein Teil derselben zeigt einfarbig grüne, länglich-lanzettliche, zugespitzte, nicht ausgehöhlte Blattstiele, und nur an 3—5 Blättern eines jeden Stockes sieht man die Blattstiele in eine nach oben zu trichterförmig erweiterte Röhre umgewandelt. Der Saum der Trichteröffnung ist etwas gewulstet und nach außen umgebogen; über die Mündung aber wölbt sich wie ein Kannendeckel die Blattspreite, welche bei dem S. 118, Fig. 3, abgebildeten Blatte der Sarracenia laciniata am Rande wellig hin- und hergebogen und gefaltet ist. Dieser Deckel sowohl als auch der obere trichterförmig erweiterte Teil der Kanne sind durch die an ihnen zur Geltung kommenden Farbenkontraste sehr auffallend. Das Grün des untern Kannenteiles verblaßt hier oben mehr und mehr, geht sogar in helles Weiß über, und von dem grünweißen Grundtone heben sich dunkelrote Adern ab, die sich fast wie ein Blutgefäßnetz ausnehmen. An der Mündung der Kanne und an der untern Seite des Deckels wird Honig ausgeschieden und zwar so reichlich, daß an dem gewulsteten Rande nicht selten kleine Tropfen desselben zu sehen sind, und daß auch in den trichterförmigen Teil der Kanne etwas von diesem Honig hinabsickert. Aber gerade dort, wo der Honig sich findet, finden sich auch unzählige kegelförmige, glatte Zellen, die mit ihrer festen Spitze nach abwärts gerichtet sind und die gegen die Tiefe der Kanne zu sich bedeutend verlängern. Insekten, welche, durch den buntfarbigen Deckel aufmerksam gemacht und durch den Honig angelockt, zur Mündung des Trichters kommen und welche die mit spitzen, schlüpfrigen Papillen besetzten Teile der Kannen betreten, werden wie von einer unsichtbaren Macht in die Tiefe gezogen. Einmal auf die gefährliche Stelle geraten, rutschen sie bei jeder Bewegung und bei jedem Versuche, gegen die Richtung der Spitzen emporzuklimmen, immer weiter nach abwärts in den Grund der Kannen, wo sie dann unrettbar verloren sind, in kurzer Zeit verenden und schließlich zersetzt werden.

Ganz ähnlich verhält es sich mit dem schon seit langer Zeit bekannten, auf Moorboden im östlichen Neuholland heimischen Cephalotus follicularis, einer mit den Steinbrechen und Johannisbeeren verwandten Pflanze, welche auf S. 122 in halber Größe abgebildet ist. Auch dieser Cephalotus hat zweierlei Blätter, welche dicht gedrängt in einer Rosette um den aufrechten, blütentragenden Stengel herumstehen. Nur die untern Blätter dieser Rosette sind in Tierfallen umgewandelt, und zwar sind dieselben vorzüglich für flügellose, auf dem Boden kriechende Tiere berechnet. Die krugförmigen Fallen ruhen sämtlich auf der feuchten Erde und sind an ihrer Außenseite mit leistenförmigen Vorsprüngen versehen, welche den kriechenden Tieren den Zugang zur Krugmündung erleichtern. Fliegende Insekten sind natürlich nicht ausgeschlossen, und diese werden wieder durch bunte, von weitem sichtbare Farben darauf aufmerksam gemacht, daß hier Honig aufgetischt ist. Insbesondere ist der halb aufgeschlagene Deckel mit weißen Flecken und purpurnen, glänzenden Adern sehr zierlich bemalt und wird von fern leicht für eine Blüte gehalten.

Sowohl flügellose als geflügelte kleine Tiere, welche angerückt kommen, um sich den Honig zu holen, geraten im Eifer des Honigsuchens und Honigsaugens auf die innere Seite der gerieften, dabei aber sehr glatten und schlüpfrigen Mündung des Kruges und gleiten leicht in die Tiefe hinab. Da die Krüge bis zur Hälfte mit Flüssigkeit erfüllt sind, so erleiden dort die meisten verunglückten Tiere in Kürze den Tod durch Ertrinken. Aber auch dann, wenn dies nicht der Fall sein sollte, gelingt es ihnen nimmermehr, sich zum Tageslichte emporzuarbeiten. Es sind nämlich für jedes Tier, welches aus dem Grunde eines Cephalotus-Kruges sich retten will, drei Wehren zu überwinden: zunächst eine in das Innere des Kruges vorspringende Ringleiste, dann ein Stück Wand, welches mit abwärts gerichteten starren und spitzen, kleinen Papillen ganz dicht besetzt und einer Hechel mit abwärts gerichteten Spitzen zu vergleichen ist, und endlich noch an dem einwärts gerollten Mundrande des Kruges ein Besatz von hakenförmig hinabgekrümmten Stacheln, der denjenigen Tieren, welche die andern Schwierigkeiten überwunden haben sollten, wie eine nicht zu durchdringende Bajonettreihe entgegenstarrt. Die reiche Beute, welche man im Grunde der Cephalotus-Krüge findet, zeigt, wie trefflich diese Vorrichtungen gegen das Entkommen wirksam sind. Namentlich sind es Ameisen, welche als Opfer der Hast, mit der sie dem Honig nachgehen, zu Falle kommen, und von denen man oft große Mengen ertränkt in der Flüssigkeit im Grunde der Krüge findet. Die gefangenen und ertrunkenen Tiere gehen hier nicht in jauchige Flüssigkeit über, sondern werden durch ein sauer reagierendes Sekret, das von eignen Drüsenzellen an der Innenwand des Kruges abgesondert wird, teilweise gelöst, ein Vorgang, welcher mit jenem in den Kannen der Nepenthes übereinstimmt und der auch bei diesen sogleich ausführlicher besprochen werden soll.



Cephalotus follicularis. Vgl. Text, S. 121.

Die Arten der Gattung Nepenthes, deren wir bis jetzt 36 kennen, sind sämtlich auf die Tropen beschränkt, und es erstreckt sich ihr Verbreitungsbezirk von Neukaledonien und Neuguinea über das tropische Australien bis zu den Seschellen und nach Madagaskar, dann über die Sunda-Inseln, die Philippinen, Ceylon, Bengalen und Kochinchina. Sie gedeihen nur auf sumpfigem Boden am Rande kleiner Wasseransammlungen in den feuchten Urwäldern. Die Samen keimen dort im seichten Wasser, und die jungen Pflänzchen (s. Abbildung, S. 123), welche dem Moorboden entwachsen, besitzen rosettig gestellte Blätter, ganz ähnlich wie jene der Sarracenien (s. Abbildung, S. 116). Auch in der Gestalt zeigen sie so große Übereinstimmung mit den Sarracenien, daß jeder, der eine junge Nepenthes-Pflanze ohne Kenntnis ihrer Entwickelungsgeschichte zum erstenmal sieht, sie für

eine Sarracenia halten muß. Die über den Samenlappen folgenden, im Kreise herumstehenden Blätter liegen mit ihrem untern Teile dem Schlamme auf, der obere Teil aber ist aufgebogen und trägt an seinem Ende eine hahnenkammartige Schuppe, welche als die eigentliche Blattspreite angesehen werden muß. Diese Schuppe aber überwölbt eine schlitzförmige Öffnung, welche nichts andres als die Mündung einer Aushöhlung in dem aufgetriebenen Blattstiele ist. Überdies ist auch noch an beiden Seiten dieser Öffnung ein grüner Lappen, der einige grobe, vorstehende Spitzen zeigt, zu sehen.

Gänzlich verschieden von diesen Rosettenblättern junger Nepenthes-Pflanzen sind jene Blattgebilde, welche den aus der Rosette später hervorwachsenden Stengel bekleiden (s. Abbildung, S. 124). Der untere Teil des Stieles dieser Blätter ist geflügelt, flächenförmig ausgebreitet, im Umrisse lineal oder lanzettlich, der Blattspreite eines Drachenbaumes (Dracaena) ähnlich und funktioniert auch ganz so wie eine grüne Blattspreite. Das darauf folgende Stück des Blattstieles dagegen, in welches der untere flächenförmig ausgebreitete Teil übergeht, ist stielrund, schlangenförmig gewunden und übernimmt die Rolle einer Ranke. Alle Zweige und Stengel lebender und abgestorbener Pflanzen, mit welchen dieser Teil des Blattstieles in Berührung kommt, werden von ihm erfaßt und mit Schlingen umwunden, und da sich am Ende dieses rankenförmigen Teiles das dritte Glied des Blattstieles, die Kanne, befindet, so wird diese thatsächlich mittels der Schlingen an die Äste der stützenden, am Rande der Wassertümpel wachsenden andern Pflanzen aufgehängt. Zugleich aber kommt die Nepenthes-Pflanze auf diese Weise immer höher und höher über das nasse Erdreich, in dem der Same gekeimt, und in dem die junge Rosette gestanden hatte, empor, verstrickt sich mit dem Gezweige des niedern Strauchwerkes, mit den geborstenen und abgefallenen Baumästen der Urwaldwildnis, kurz mit allem, was ihr zur Stütze dienen kann, und klettert als echte Liane nicht selten bis in die Kronen niederer Bäume hinauf.



Junge Nepenthes-Pflanzen. Vgl. Text, S. 122.

Die Kannen sind als ein ausgehöhltes Stück des Blattstieles anzusehen, und das, was sich als Deckel der Kanne darstellt, ist, wie bei Cephalotus und den Sarracenien, die Blattspreite, welche allerdings auch hier im Vergleiche zu dem wunderlich metamorphosierten Blattstiele nur wenig entwickelt erscheint. Die vollständig ausgewachsenen Kannen haben bei der Mehrzahl der Nepenthes-Arten eine Höhe von 10 bis 15 cm; an der zierlichen Nepenthes ampullaria sind sie nur 4 — 6 cm hoch, bei den in den Urwäldern Borneos heimischen Arten erreichen sie dagegen die Höhe von 30 cm, ja selbst von $^1/_2$ m. Nepenthes Rajah besitzt Kannen, welche bei einer Höhe von 50 cm eine Mündung von 10 cm Durchmesser zeigen und sich unterhalb dieser Mündung bis zu 16 cm erweitern, so daß eine Taube, welche in eine solche Kanne einfliegen würde, vollständig darin geborgen wäre. Die nicht ganz ausgewachsenen Kannen sind noch durch den Deckel geschlossen; sie sind an der Außenseite häufig dicht behaart und je nach der Farbe und dem Glanze der Haare bald rostfarbig, bald goldig schimmernd, manchmal wie mit Mehl bestäubt oder, wie z. B. an N. albo-marginata, auch schneeweiß. Später hebt sich der Deckel von der Kanne empor, der flaumhaarige Überzug schwindet teilweise oder ganz, die



Nepenthes destillatoria. Vgl. Text, S. 123.

kahl gewordenen Kannen zeigen nun eine gelblichgrüne Grundfarbe, sind aber meistens mit purpurnen Flecken und Adern bemalt, manche sind gegen die Mündung zu bläulich, violett oder rosenrot überlaufen oder ganz dunkelrot, wie mit Blut getränkt. Auch der Deckel ist in ähnlicher Weise bunt bemalt, und die Mannigfaltigkeit der Farben wird noch dadurch vermehrt, daß unter dem gewulsteten, einwärts gerollten, bräunlichen, gelblichen oder orangeroten Mundrande im Innern eine blaßbläuliche Zone sichtbar wird. Derlei bunte Kannen nehmen sich aus der Ferne ganz wie Blüten aus und erinnern insbesondere auf das lebhafteste an die Blütenformen der in den tropischen Wäldern heimischen lianenartigen Aristolochien, was um so merkwürdiger ist, als die Gattung Nepenthes mit der Gattung **Aristolochia** auch in systematischer Beziehung nahe verwandt ist.

Von Insekten, und wahrscheinlich auch von andern fliegenden Tieren, werden die weithin sichtbaren bunten Kannen der Nepenthes ganz ähnlich wie Blumen aufgesucht und zwar um so mehr, als von den Zellen der Oberhaut an der untern Seite des Deckels sowie am Mundrande der Kannen reichlich Honig ausgeschieden wird. Insbesondere der gewulstete und häufig auch zierlich geriefte Mundrand trieft und glänzt von dem Zuckersafte, und man könnte hier in des Wortes vollster Bedeutung von einem Honigmunde und von süßen Lippen sprechen. Die Tiere, welche den Honigseim von den Lippen der Nepenthes-Kannen saugen, geraten dabei nur zu leicht an deren Innenfläche. Diese aber ist abschüssig und glatt und durch bläulichen Wachsüberzug so schlüpfrig gemacht, daß nicht wenige der angeflogenen Gäste in den Grund der Kanne hinabgleiten und in die dort angesammelte Flüssigkeit fallen. Manche verenden hier schon nach kurzer Zeit, andre suchen sich aus der Fallgrube zu retten und an der Innenwand der Kanne emporzuklettern; an der mit Wachs überzogenen, geglätteten Zone glitschen sie aber immer wieder ab und stürzen neuerlich in die Tiefe zurück. An den großen Kannen ist der einwärts gerollte Mundrand auch mit spitzen Zähnen besetzt, welche nach abwärts gerichtet sind und den unglücklichen in die Fallgrube geratenen Opfern, welche noch zu entkommen suchen, entgegenstarren (s. Abbildung, S. 115, Fig. 3). An manchen Arten, namentlich an den auf Borneo heimischen **N. Rafflesiana, N. echinostoma, N. Rajah, N. Edwardsiana** und **N. Veitchii**, sieht dieser Besatz aus spitzen Zähnen dem Gebisse eines Raubtieres ähnlich, und an **Nepenthes villosa**, von welcher eine Kanne auf S. 118, Fig. 4, abgebildet ist, erscheint sogar eine doppelte Reihe größerer und kleinerer, gegen den Grund der Kanne gerichteter spitzer Zähne ausgebildet, welche ein Entfliehen der in die Falle geratenen Tiere unmöglich macht.

Bei der reichlichen Menge von Flüssigkeit in den Kannen werden übrigens ohnedies die meisten in deren Grund gefallenen Tiere rasch ersäuft. Die Kannen sind nämlich im untern Drittel, ja häufig bis zur Hälfte mit Flüssigkeit erfüllt. Es stammt diese Flüssigkeit aus eignen Drüsenzellen an der Innenwand der Kanne her, besteht hauptsächlich aus Wasser und zeigt, solange noch keine Tiere in der Fallgrube sind, nur sehr schwache saure Reaktion. Sobald aber ein tierischer Körper in den Grund der Kanne gelangt, wird sogleich noch mehr Flüssigkeit ausgeschieden. Diese schmeckt dann deutlich sauer, besitzt die Fähigkeit, Eiweißstoffe, Fleisch und geronnenes Blut aufzulösen, und hat nicht nur in betreff dieser Wirkungsweise, sondern auch mit Rücksicht auf ihre chemische Zusammensetzung die größte Übereinstimmung mit dem Magensafte. Neben organischen Säuren (Apfelsäure, Zitronensäure, Ameisensäure) hat man nämlich auch ein pepsinartiges Ferment in ihr nachgewiesen, und es ist gelungen, auch künstlich mit derselben stickstoffhaltige organische Körper in Lösung zu bringen. Gießt man in ein Glasgefäß, in welchem sich ein Stückchen Fleisch befindet, die Flüssigkeit aus einer jener Nepenthes-Kannen, in welcher sich noch kein Tier gefangen hatte, so wird das Fleisch zunächst nur wenig verändert; setzt man aber der Flüssigkeit einige Tropfen Ameisensäure zu, so wird das Fleisch gelöst und erfährt ganz dieselben Veränderungen

wie im Magen eines Säugetieres. Der Vorgang, welcher sich in den Nepenthes-Kannen abspielt, wenn tierische Körper in dieselben gelangen, kann daher nicht nur mit der Verdauung verglichen, sondern er darf geradezu als Verdauung bezeichnet werden.

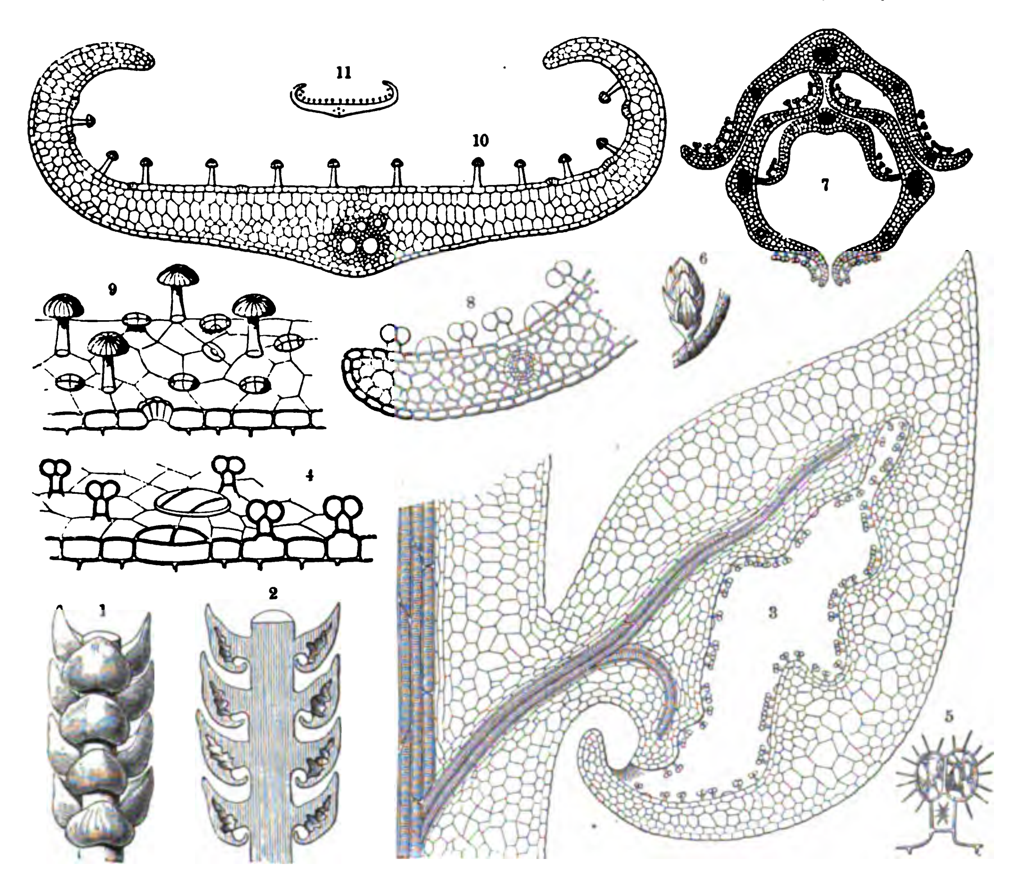
Die verdauten Teile der tierischen Körper werden dann von eignen Zellen am Boden und am untern Teile der Seitenwand der Nepenthes-Kannen als Nahrung aufgesaugt.

Die dritte Gruppe der ersten Abteilung tierfangender Pflanzen begreift Formen, an deren schuppenförmigen Blättern eigentümliche Hohlräume ausgebildet sind, in welche mit Rücksicht auf die Enge des Zuganges nur winzige Tiere eindringen können. Besondere Vorrichtungen zur Verhinderung des Entweichens der eingegangenen Tiere fehlen. Die Tiere werden in den Höhlungen durch Protoplasmafäden, die aus besondern Zellen ausstrahlen, festgehalten und ausgesaugt.

Eine der merkwürdigsten hierher gehörenden Pflanzen ist die Schuppenwurz (Lathraea Squamaria), von der auch sonst noch wiederholt die Rede sein wird. Sie ist mit dem Klappertopfe und dem Wachtelweizen zunächst verwandt, entbehrt aber des Chlorophylls und lebt, abgerechnet die kurze Zeit, in welcher sie alljährlich einige blütenbedeckte, kurze Sprosse über den Boden emporschiebt, unterirdisch schmarotzend auf den Wurzeln von Laubhölzern. Die unterirdischen weißen Stengel erscheinen fleischig, fest und prall und sind der ganzen Länge nach mit dicht übereinander gestellten dicken, schuppenförmigen Blättern besetzt (s. Abbildungen, S. 127, Fig. 1, u. S. 168). In der Farbe und Konsistenz stimmen diese Blätter mit dem Stengel überein; ihr Umriß ist breit-herzförmig, und es macht den Eindruck, als ob sie mit dem herzförmigen, stark gedunsenen Ausschnitte an der Basis voll und breit dem Stengel aufsitzen würden. Löst man aber eine dieser Schuppen vom Stengel ab, so überzeugt man sich, daß dem nicht so ist, und daß jener Teil der Schuppen, welchen man im ersten Anblicke für die untere, beziehentlich für die Rückseite hält, nur ein Teil der obern Seite ist. In Wirklichkeit ist jedes dieser dicken, schuppenförmigen Blätter zurückgerollt, und es lassen sich an demselben folgende Teile unterscheiden: zunächst die Verbindungsstelle mit dem Stengel (s. Abbildung, S. 127, Fig. 3), welche verhältnismäßig schmal ist; dann jener Abschnitt, den man bei flüchtiger Betrachtung für die ganze obere Blattfläche hält, und der sich als eine schief aufsteigende, von einem scharfen Rande eingefaßte Platte darstellt; weiterhin, von diesem scharfen Rande angefangen, der plötzlich unter spitzem Winkel herabgebogene, steil abfallende Teil, welchen man gewöhnlich für die Rückseite, beziehentlich die untere Seite des Blattes hält, der aber in der That der obern Blattseite angehört; viertens das freie Ende des Blattes, welches sich als eingerollter Rand der Schuppe darstellt, und fünftens die eigentliche Rückseite, welche verhältnismäßig sehr klein ist und erst dann sichtbar wird, wenn man den gerollten Blattrand entfernt. Indem sich der Blattrand rollt, entsteht ein Kanal oder, besser gesagt, eine Hohlkehle, welche an der hintern Seite des Blattes dicht unter jener Stelle, wo sich das Blatt an den Stengel ansetzt, quer herumläuft (s. Abbildung, S. 127, Fig. 2). In diese Hohlkehle münden nun mittels einer Reihe von kleinen Löchern 5—13 (meistens 10) Kammern, welche die dicken Schuppenblätter aushöhlen und die, in dieser Form wenigstens, einzig im ganzen Pflanzenreiche dastehen dürften. Es müssen diese merkwürdigen Kammern als tiefe, von der Rückseite des Blattes ausgehende grubenförmige Einsenkungen in die Blattsubstanz gedeutet werden, und mit Rücksicht auf die zu erörternde Frage nach der Bedeutung derselben für das Leben und insbesondere für die Nahrungsaufnahme der Pflanzen ist es von Wichtigkeit, sie etwas näher in Augenschein zu nehmen.

Sie stehen, wie schon erwähnt, zu 5—13 knapp nebeneinander, sind aber seitlich nicht verbunden; alle sind höher als breit und mit unregelmäßig wellig gebogenen Wandungen ver-

sehen (s. untenstehende Abbildung, Fig. 3). An ihren Innenwänden fallen zunächst zweierlei Gebilde auf, welche, über die gewöhnlichen Oberhautzellen sich erhebend, in den Hohlraum hineinragen. Die einen, welche in sehr großer Zahl vorhanden sind, bestehen aus einem Zellenpaare, welches die Gestalt eines Köpfchens zeigt und von einer kurzen, cylinderförmigen Zelle wie von einem Stiele getragen wird, die andern, welche weit spärlicher vorkom-



Fangvorrichtungen der Schuppenwurz, der Bartsie und des Fettkrautes: 1. Stück eines unterirdischen beblätterten Sprosses der Schuppenwurz. — 2. Längsschnitt durch dasselbe; 2mal vergrößert. — 3. Längsschnitt durch ein Blatt; 60mal vergrößert. — 4. Stück der Wand einer Höhlung; 200mal vergrößert. — 5. Plasmafäden aus den Köpfchenzellen ausstrahlend; 540mal vergrößert. — 6. Unterirdische Knospe der Bartsie; natürliche Größe. — 7. Querschnitt durch einen Teil dieser Knospe; 60mal vergrößert. — 8. Der Rand einer Knospenschuppe im Durchschnitte; 200mal vergrößert. — 9. Stück der Oberhaut eines Fettkrautblattes; 180mal vergrößert. — 10. Querschnitt durch ein Fettkrautblatt (Pinguicula alpina), 50mal vergrößert. — 11. Querschnitt durch ein Fettkrautblatt; natürliche Größe. Vgl. Text, S. 126–133.

men und an den Falten der wellig gebogenen Innenwand ganz fehlen, werden aus einer verhältnismäßig großen, in die gewöhnlichen Oberhautzellen eingeschalteten und über dieselben nur wenig vorragenden tafelförmigen, im Umrisse rundlichen oder elliptischen Zelle und zwei auf diese wie auf ein Präsentierbrett aufgesetzten, halbkugelig vorgewölbten Zellen zusammengesetzt (s. obenstehende Abbildung, Fig. 4). Die Wandungen dieser zelligen Gebilde, welche gegen den Hohlraum vorspringen, sind verhältnismäßig dick, und die in diesen Zellen wohnenden Protoplasten strahlen im gereizten Zustande durch zahlreiche Durchlässe der dicken Wandungen feine Fäden aus, ganz ähnlich jenen Plasmafäden, welche die gepanzerten, unter dem Namen Wurzelfüßler (Rhizopoden) bekannten Infusorien durch die Löchelchen ihres Panzers aussenden (s. obenstehende Abbildung, Fig. 5).

Wenn kleine Tiere in die labyrinthischen Kammern eines Schuppenwurzblattes eindringen und die eben beschriebenen Organe berühren, so legen sich die infolge des Reizes ausstrahlenden Protoplasmafäden an die Eindringlinge an; kleinere Tiere, zumal Infusorien, werden wie von Fangarmen festgehalten, größern Tieren aber wird durch diese Plasmafäden die Bewegung erschwert und der Rückweg abgeschnitten. Die Ausscheidung eines besondern Sekretes in den Kammern des Lathraea-Blattes wurde nicht beobachtet. Da man aber von den in die Kammern gelangten Tieren nach einiger Zeit nur noch Klauen, Beinschienen, Borsten und kleine, braune formlose Klümpchen antrifft, während Sarkode, Fleisch und Blut derselben spurlos verschwunden ist, so muß man annehmen, daß hier die Nahrungsaufnahme aus den verendeten Tieren durch Kontakt mit den gleich Fangarmen vorgestreckten Protoplasmafäden erfolgt, ganz ähnlich wie bei den Wurzelfüßlern, mit welchen diese Organe eine so auffallende Ähnlichkeit besitzen. Es wäre nicht unmöglich, daß nur die ungestielten Organe der Aufsaugung, die gestielten, köpfchentragenden dagegen dem Festhalten der Beute dienen; wenigstens würde der Umstand für diese Auffassung sprechen, daß zu den erstern, die, wie schon oben erwähnt, viel spärlicher sind, Gefäße hinziehen, die durch eine eigentümliche tonnenförmige Zelle mit jener großen elliptischen Tafelzelle in Verbindung stehen, was bei den köpfchentragenden Gebilden nicht der Fall ist.

Da die Öffnungen, mit welchen die Kammern in die Hohlkehle an der Hinterseite des Schuppenwurzblattes ausmünden, sehr enge sind, so können nur winzige Tiere, Infusorien, Amöben, Rhizopoden, Rädertierchen, kleine Milben, Aphis-Arten, Poduren ꝛc., sich einschleichen. Was sie dazu bewegt, gerade diese versteckten Kammern aufzusuchen, ist ebenso schwierig zu sagen, wie anzugeben, wodurch die Daphnia- und Cyclops-Arten veranlaßt werden, in die Schläuche der Utrikularien einzufahren. Am wahrscheinlichsten ist es, daß die winzigen Tiere, Nahrung suchend, in die Hohlräume vordringen und dort ihren Tod finden.

Es wurde schon erwähnt, daß die Schuppenwurz eine Schmarotzerpflanze ist. Wenn sie auch als solche erst später ausführlicher zu besprechen sein wird, so muß doch schon hier darauf hingewiesen werden, daß die Hauptmasse ihrer Nahrung vermittelst eigner Saugwarzen den Wurzeln sommergrüner Laubhölzer entzogen wird. Sie wächst nur in Gegenden, in welchen die Thätigkeit der Bäume und Sträucher durch einen ziemlich langen Winter unterbrochen wird; ihre Saugwarzen sterben regelmäßig ab, sobald die Holzpflanzen, auf deren Wurzeln die Lathraea-Stöcke schmarotzen, sich herbstlich verfärben und das Laub abwerfen. Wenn dann im darauf folgenden Frühlinge das Aufsteigen des Saftes in den Holzpflanzen beginnt, sendet auch die Lathraea wieder neue Wurzeln aus, welche sich mit Saugwarzen unterirdisch an die saftstrotzenden Baumwurzeln anlegen. Die Nahrung, welche auf diesem Wege in die Lathraea kommt, ist nicht wesentlich verschieden von jener, welche die Wurzeln des betreffenden Baumes oder Strauches aus der umgebenden Erde aufgenommen haben, vorwaltend also Wasser und, in diesem gelöst, eine geringe Menge mineralischer Salze, eine Flüssigkeit, welche man nicht unpassend den „rohen Nahrungssaft“ genannt hat.

Da die Schuppenwurz unterirdisch lebt und des Chlorophylls entbehrt, und da sie nicht befähigt ist, im Sonnenlichte aus dem Kohlendioxyde der Luft und dem durch Vermittelung der Saugwarzen aufgenommenen rohen Nahrungssafte des angefallenen Baumes oder Strauches selbst alle zum weitern Wachstume notwendigen organischen Verbindungen zu erzeugen, da namentlich die Menge der stickstoffhaltigen Verbindungen in der den angefallenen Wurzeln entzogenen Flüssigkeit nur eine sehr geringe ist, so muß jeder Zuschuß an organischer Nahrung, zumal an stickstoffhaltigen Verbindungen, aus den gefangenen Tieren sehr willkommen sein. Obschon es vorwaltend winzige Infusorien sind, die von der Schuppenwurz gefangen und verdaut werden, so darf dieser Zuschuß doch durchaus nicht unterschätzt werden; es ist eben in Anschlag zu bringen, daß jedes der unzähligen schuppenförmigen

Blätter des Lathraea-Stockes einen Fangapparat darstellt, und daß der Fang- und Verdauungsapparat das ganze Jahr hindurch in Wirksamkeit ist, da es in jener Tiefe des Erdreiches, in welcher die Stöcke der Schuppenwurz eingebettet liegen, im Winter nicht einfriert, so daß dort auch in der Jahresperiode, in welcher oberirdisch alles im Winterschlafe ruht, die Infusorien und andre kleine Tiere ihr Wesen treiben und von der Lathraea gefangen werden können. Die überaus große Zahl der im Laufe des Jahres gefangenen Tiere vermag also sicherlich die Größe der einzelnen Individuen zu ersetzen.

Wenn es nach alledem nichts weniger als befremdend ist, daß sich ein chlorophylloser, unterirdisch lebender Wurzelschmarotzer neben dem Aussaugen des rohen Nahrungssaftes aus andern Pflanzen gleichzeitig auch mit dem Tierfange beschäftigt, so muß es anderseits unser Erstaunen wachrufen, wenn wir Pflanzen finden, welche ihre Nahrung einmal mittels Saugzellen aus der Erde, dann schmarotzend mittels Saugwarzen aus angefallenen Wurzeln andrer Pflanzen und drittens auch noch aus gefangenen Tieren entnehmen. Als eine solche Pflanze aber stellt sich Bartsia alpina dar. Dieses merkwürdige Gewächs ist im arktischen Gebiete und in der Flora der Hochgebirge durch fast ganz Europa verbreitet und fällt sofort dadurch auf, daß die Farbe der Laubblätter aus Schwarz, Violett und Grün gemengt erscheint. Auch die Blüte ist trübe dunkelviolett gefärbt, und die Pflanze macht durch dieses eigentümliche Kolorit den Eindruck einer rechten Trauerpflanze. Einschaltungsweise mag hier erwähnt sein, daß Linné für diese düstere Pflanze den Namen Bartsia wählte, um damit seiner tiefen Trauer über den Tod des ihm innig befreundeten eifrigen Naturforschers und Arztes Bartsch, der in jungen Jahren dem Klima Guayanas erlag, einen Ausdruck zu geben. Feuchter, schwarzer Boden und die Umgebung von Quellen bilden den bevorzugten Standort dieser Pflanze. Gräbt man im Sommer ihren Wurzeln nach, so sieht man, daß von denselben einige Saugwarzen ausgehen, welche sich den Wurzeln der nachbarlich wachsenden Seggen und andern Pflanzen anlegen; man findet aber auch unterirdische Sprosse, welche in der Nähe der mit gegenständigen, weißen Schuppen besetzten Knoten Wurzelhaare entwickeln, die als Saugzellen fungieren. Gegen den Herbst zu bilden sich, und zwar gleichfalls unterirdisch, eiförmige Knospen aus, welche in ihrer Form den Knospen der Roßkastanien nicht unähnlich sehen (s. Abbildung, S. 127, Fig. 6), und deren in vier Reihen angeordnete chlorophyllose Schuppen wie Dachziegel übereinander geschoben sind, so zwar, daß von jeder Schuppe nur die Rückseite des obern Teiles zur Ansicht kommt, während der untere Teil von tiefer stehenden Schuppen zugedeckt ist.

An der frei sichtbaren konvexen Rückseite jeder Schuppe bemerkt man auf dem Mittelfelde drei scharf vorspringende Rippen; die beiden seitlichen Ränder der Schuppe aber sind zurückgerollt und zwar so, daß dadurch an jedem Rande eine Hohlkehle gebildet wird. Nun sind aber, wie an dem Querschnitte einer unterirdischen Bartsia-Knospe (s. Abbildung, S. 127, Fig. 7) zu sehen ist, die tiefer stehenden Schuppenpaare so über die nächst obern gelegt, daß die Hohlkehlen zugedeckt und zu Kanälen werden. Das Innere der Knospe ist, diesem Baue entsprechend, von doppelt so vielen Kanälen durchzogen, als gedeckte Blattschuppen vorhanden sind, und die Mündungen von je zwei Kanälen finden sich an jenen Stellen, wo die Deckung der zurückgerollten seitlichen Ränder einer obern Schuppe durch das Mittelfeld einer untern Schuppe beginnt. An der einen Seite dieser Kanäle, nämlich in den Hohlkehlen, sind ganz dieselben zelligen Gebilde entwickelt, welche sich in den Kammern der Lathraea-Schuppen finden, wieder jene aus zwei Zellen zusammengesetzten Köpfchen, die einer Fußzelle aufsitzen, dann gepaarte, als Halbkugeln vorgewölbte Zellen und endlich noch gewöhnliche plattenförmige Oberhautzellen (s. Abbildung, S. 127, Fig. 8). Es ist wohl nicht zu zweifeln, daß der ganze Apparat auch in ähnlicher Weise wie bei der Schuppenwurz wirksam und auf den Fang von Infusorien berechnet ist.

Da aus den eben geschilderten unterirdischen Knospen der **Bartsia**, welche im Spätsommer angelegt werden, im Laufe des nächsten Frühlinges ein oberirdischer Stengel hervorgeht, dessen chlorophyllreiche Laubblätter im Sonnenlichte aus Gemengteilen der Luft und der aus dem Boden durch die Saugzellen aufgenommenen flüssigen Nahrung organische Verbindungen erzeugen, so drängt sich die Frage auf, ob denn in diesem Falle auch noch ein Zuschuß an Nahrung aus den Leichen gefangener Tiere notwendig oder doch vorteilhaft sein kann. Berücksichtigt man die Verhältnisse, unter welchen **Bartsia alpina** in der freien Natur wächst, so wird man diese Frage unbedingt bejahen müssen. Diese Pflanze gehört, wie schon erwähnt, der arktischen und Hochgebirgsflora an und wächst in Gebieten, wo die oberirdische Thätigkeit der Pflanzen auf die kurze Zeit von ein paar Monaten eingeschränkt ist. Nach Ablauf dieser kurzen Vegetationszeit sterben die oberirdischen Teile der arktischen und alpinen Pflanzen entweder vollständig ab, oder sie bleiben zwar grün, sind aber im Schnee vergraben, und alle Bewegung und Lebensthätigkeit ist in ihnen auf acht bis zehn Monate sistiert. Der erste Schnee fällt in den von der **Bartsia** bewohnten Gebieten regelmäßig schon zu einer Zeit, in welcher der Boden noch nicht gefroren ist, und die später immer mächtiger sich auftürmende winterliche Schneedecke schützt den Boden so ausgiebig gegen den Einfluß der Winterkälte, daß die Temperatur selbst in den oberflächlichen Erdschichten nicht unter den Nullpunkt herabsinkt. In dieser frostfreien Schicht aber ist weder das pflanzliche noch das tierische Leben ganz erstarrt, und es ist in dem langen Zeitraume für die unterirdischen Knospen der **Bartsia** gewiß nur von Vorteil, wenn ihnen eine ausgiebige Nahrung aus den Leibern gefangener Infusorien zukommt. Der Vorteil wird um so einleuchtender, wenn man bedenkt, daß aus den organischen Verbindungen, welche die Schuppen der unterirdischen Knospen in ihren Zellen aufgespeichert enthalten, in der darauf folgenden Vegetationszeit in zwei bis drei Wochen der oberirdische Stengel mit seinen Laubblättern und Blüten aufgebaut werden soll, und daß der feuchte Boden, in welchem die **Bartsia** wächst, sowie auch die Wurzeln der Sumpfpflanzen, an welche die **Bartsia** einige Saugwarzen anlegt, zwar Wasser und mineralische Salze, aber nur wenig Material zur Erzeugung stickstoffhaltiger Verbindungen liefern.

Tierfänger, welche beim Fange Bewegungen ausführen.

Die Schuppenwurz und die **Bartsia** sind als Vertreter der letzten Gruppe jener Abteilung tierfangender Pflanzen besprochen worden, an deren Fallgruben keine äußerlich sichtbaren Bewegungen zum Behufe des Fangens und Verdauens vorkommen. Die nun zu behandelnde zweite Abteilung umfaßt Pflanzen, bei welchen infolge von Berührung mit Tierkörpern Bewegungen an den zu Fang- und Verdauungsorganen umgestalteten Blättern und Blattteilen stattfinden, welche Bewegungen damit zusammenhängen, daß durch sie die Verdauung der auf sehr verschiedene Weise festgehaltenen Tiere eingeleitet wird.

Insofern, als bei **Lathraea** und **Bartsia** die zu Fangapparaten ausgestalteten Blätter selbst keinerlei Bewegung zeigen, wohl aber in dem Protoplasma der köpfchenförmigen Zellenpaare im Innern der Kammern Bewegungen vor sich gehen, welche ein Festhalten der Tiere zur Folge haben, bilden diese gewissermaßen ein Bindeglied zwischen der ersten und zweiten Abteilung. Alle diese Einteilungen sind übrigens ohnedies nur künstliche; es ist nicht ausgeschlossen, daß immer wieder neue Formen entdeckt und erkannt werden, welche sich zwischen die hier unterschiedenen Gruppen und Reihen einschalten und unsre nur zum Zwecke einer übersichtlichen Darstellung gezogenen Grenzen wieder verwischen.

en.

he im
Stengel
en der
rung
Falle
oder
sia alp
ien.
wächs
ein
e obern
ie blei
tigkei
Bart
och mi
hneedec
mperatur
in diese
erstarr
gen
ner F
aß an
en Zei
ei We
n fol.
In der
mint
ejen

Ab
lich
nun
Be
zä
n
r

t
n
r



TIERFANGENDE PFLANZEN: SONNENTAU UND FETTKRAUT.

(Nach der Natur von J. Seelos)

[Zur Tafel: *»Tierfangende Pflanzen: Sonnentau u. Fettkraut«*.]



1. *Drosera rotundifolia.* 2. *Pinguicula vulgaris.* 3. *Sphagnum cymbifolium*

Die erste Gruppe der Tierfänger, welche beim Fange Bewegungen ausführen, wird durch die Arten der Gattung Fettkraut (Pinguicula) gebildet. Man kennt von diesem Pflanzenstamme gegen 40 Arten, welche sich alle ungemein ähnlich sehen. Der Laie würde **Pinguicula calyptrata** aus den Hochgebirgen Neugranadas und **Pinguicula vulgaris** aus dem Harze kaum voneinander unterscheiden. Auch in betreff des Standortes zeigen sie große Übereinstimmung. In der Alten wie in der Neuen Welt gedeihen sie nur an feuchten Orten, an quelligen Stellen, am Ufer der Bäche, auf Moorgründen und schwarzem Torfboden. In der äquatorialen Zone haben sie sich in die kühlen Regionen der höhern Gebirge zurückgezogen. Insbesondere reich an Pinguicula-Arten sind die Hochgebirge Mexikos, doch sind alle dort vorkommenden Formen auf ein sehr enges Gebiet beschränkt. Auch das südliche und westliche Europa beherbergt einige endemische Arten mit auffallend kleinem Verbreitungsbezirke. Die Arten der arktischen und subarktischen Zone sind dagegen ungemein weit verbreitet. Eine Art ist auch im antarktischen Gebiete an der Magelhaensstraße gefunden worden.

Die bekannteste und zu Versuchen am häufigsten verwendete Art, deren Verbreitungsbezirk sich über das ganze arktische und subarktische Gebiet, über das nördlich vom Mackenzie gelegene Nordamerika, Labrador, Grönland, Island, Lappland, über ganz Sibirien bis herab in das Baikalgebirge und durch Europa bis in den Balkan, die Südalpen und die Pyrenäen erstreckt, ist **Pinguicula vulgaris**. Das zierliche Pflänzchen, welches auf der beigehefteten Tafel „Tierfangende Pflanzen: Sonnentau und Fettkraut", auf einem Torfmoore wachsend, in natürlicher Größe abgebildet ist, hat veilchenblaue, zweilippige Blüten, welche am Gaumen mit weißen Samthaaren besetzt sind und nach rückwärts in einen spitzen Sporn auslaufen. Die Blüten werden einzeln von schlanken Stielen getragen, welche aus der Mitte einer grundständigen Blattrosette in schönem Schwunge aufragen. Die Blätter der Rosette sind bei **Pinguicula vulgaris**, gleich jenen aller andern Fettkrautarten, länglich-elliptisch oder zungenförmig, von gelblichgrüner Farbe, liegen mit der untern Seite dem feuchten Boden auf und kehren die Oberseite dem Himmel und dem einfallenden Regen zu. Dadurch, daß die seitlichen Ränder etwas aufgebogen sind, wird jedes Blatt zu einer breiten Rinne mit flachem Boden (vgl. den Durchschnitt quer durch ein Blatt, Abbildung, S. 127, Fig. 9, 10). Die Rinne ist mit farblosem, klebrigem Schleime bedeckt, und dieser Schleim wird von Drüsen ausgeschieden, welche in großer Zahl über die ganze obere Seite des Blattes verteilt sind.

Der Drüsen aber sind zweierlei. Die einen sind schon dem freien Auge als gestielte Köpfchen erkennbar und sehen unter dem Mikroskope wie kleine Hutpilze aus (s. Abbildung, S. 127, Fig. 11). Sie bestehen aus einer gedunsenen, von 8 bis 16 strahlenförmig gruppierten Zellen zusammengesetzten Scheibe und dem diese Scheibe tragenden, aus einer aufrechten, schlauchförmigen Zelle gebildeten Stiele. Die zweite Art der Drüsen wird aus acht Zellen zusammengesetzt, die sich zu einem warzen- oder knopfförmigen Körper gruppieren, der, auf einer sehr kurzen Stielzelle aufsitzend, nur wenig über die Oberfläche des Blattes erhoben ist. Außerdem nehmen an der Bildung der Oberhaut noch gewöhnliche plattenförmige Oberhautzellen teil, und überdies sind auch hier und da noch Schließzellen von Spaltöffnungen eingeschaltet.

Man hat berechnet, daß auf das Quadratzentimeter eines Fettkrautblattes 25,000 schleimaussondernde Drüsen kommen, und daß eine aus sechs bis neun Blättern bestehende Rosette beiläufig eine halbe Million derselben trägt. Eine rasch vorübergehende Berührung der Drüsen, sei es flüchtiges Anstreifen fester Körper oder das Auffallen von Regentropfen, verursacht an denselben keinerlei Veränderung; lang anhaltender Druck, ausgeübt von unlöslichen Sandkörnchen oder überhaupt von festen, unlöslichen Körpern, veranlaßt die Drüsenzellen zu einer unbedeutenden Vermehrung der Schleimausscheidung, aber durchaus nicht zur Absonderung saurer Verdauungsflüssigkeit. Sobald aber ein

stickstoffhaltiger organischer Körper mit den Drüsen in dauernde Berührung kommt, so werden diese sofort nicht nur zur vermehrten Absonderung von Schleim, sondern auch zur Ausscheidung einer sauren Flüssigkeit angeregt, welche die Fähigkeit besitzt, alle derartigen Körper, namentlich Fleisch, geronnenes Blut, Milch, Eiweiß, ja selbst Knorpel, aufzulösen. Durch Versuche wurde z. B. festgestellt, daß feste, kleine Knorpelstückchen, welche auf ein Blatt der Pinguicula vulgaris, dessen Schleim keine Spur einer sauren Reaktion zeigte, gelegt wurden, nach zehn bis elf Stunden die Ausscheidung saurer Flüssigkeit veranlaßt hatten und nach 48 Stunden von dieser sauren Flüssigkeit fast ganz aufgelöst worden waren. Nach 82 Stunden waren diese Knorpelstückchen vollständig verflüssigt, das ganze Sekret wieder aufgesaugt und die Drüsen trocken geworden. Kommen kleine Insekten, etwa kleine Mücken, auf das Fettkrautblatt angeflogen, so bleiben dieselben an dem Schleime kleben, werden durch die Bewegungen, welche sie ausführen, um sich zu retten, immer noch mehr mit Schleim in Berührung gebracht, verenden gewöhnlich in sehr kurzer Zeit und werden durch die infolge des Reizes von den Drüsen ausgeschiedene saure Flüssigkeit bis auf die Flügel, Klauen und andern Skeletteile verdaut und aufgesaugt.

Die von den Drüsen ausgesonderte saure Flüssigkeit ist fadenziehend und kann, wenn zahlreiche Drüsen gereizt wurden, so reichlich zum Vorscheine kommen, daß die ganze flache Rinne davon erfüllt ist. Wirkt der Reiz nur auf den Saum des Blattes ein, gelangt z. B. ein über den Boden hinkriechendes kleines Insekt oder auch eine von obenher angeflogene Mücke in die Nähe des wenig aufgebogenen Blattrandes, so erfolgt nicht nur die erwähnte Sekretion aus den randständigen, verhältnismäßig nicht sehr reichlichen Drüsen, sondern auch eine Rollung des Blattes, welche den Zweck hat, das durch den klebrigen Schleim festgehaltene kleine Tier, wenn möglich, zu überdecken oder dasselbe gegen die Mitte der flachen Rinne zu schieben und so auf die eine oder andre Art mit möglichst vielen Drüsen in Berührung zu bringen. Die Drüsen am Rande würden eben allein nicht die nötige Menge von saurer Flüssigkeit zur Lösung aufbringen, und es werden daher auf die angegebene Art auch die Drüsen aus weitern Kreisen zu Hilfe genommen. Die Einrollung des Blattrandes vollzieht sich ziemlich langsam; gewöhnlich dauert es einige Stunden, bis ein am Rande festgeklebtes Insekt eingewickelt oder, wenn es einen größern Umfang hat, gegen die Mitte geschoben ist. Nachdem die Auflösung und Aufsaugung stattgefunden hat, gewöhnlich schon nach 24 Stunden, breitet sich das Blatt wieder aus, und es nehmen auch die Ränder desselben jene Lage an, welche sie vor der Einrollung besessen hatten.

Außer kleinen Tieren gelangen nicht selten auch Pflanzenteile auf die klebrige Fläche der Pinguicula-Blätter, so namentlich Sporen und Pollenzellen, welche durch die Luftströmungen herbeigeführt werden. Sie verfallen demselben Schicksale wie die tierischen Organismen; ihr Zellenleib wird ebenso wie Fleisch und Blut der Insekten gelöst und aufgesaugt.

Die Wirkung, welche der von den Drüsen des Fettkrautblattes ausgeschiedene saure Saft auf eiweißhaltige Körper ausübt, stimmt mit jener des Magensaftes der Tiere ganz überein. Das läßt vermuten, daß in demselben auch zweierlei Stoffe wie im Magensafte enthalten sind, einmal eine freie Säure, dann ein mit dem Pepsin in seiner Wirkungsweise ganz übereinstimmendes Ferment, durch welche Kombination bekanntlich auch der Saft des tierischen Magens zur Lösung eiweißartiger Verbindungen befähigt wird. Da die Drüsenzellen des Pinguicula-Blattes alles, was von den angeklebten kleinen Tieren löslich ist, und noch überdies das von ihnen früher ausgeschiedene Lösungsmittel aufsaugen, beziehentlich zurücksaugen, so ist die Thätigkeit eines solchen Blattes jener des tierischen Magens sehr ähnlich, und es kann der ganze Vorgang, wie bei Nepenthes (S. 125), geradezu als Verdauung bezeichnet werden. Ob hierbei die verschieden geformten

Drüsen der Pinguicula auch verschieden funktionieren, ob die einen ganz oder vorwaltend der Ausscheidung und die andern der Aufsaugung dienen, oder ob vielleicht die einen nur klebrigen Schleim zum Festhalten, die andern nur saure pepsinhaltige Flüssigkeit absondern, ist mit Sicherheit nicht nachgewiesen, obschon eine solche Teilung der Arbeit viel Wahrscheinlichkeit für sich hat.

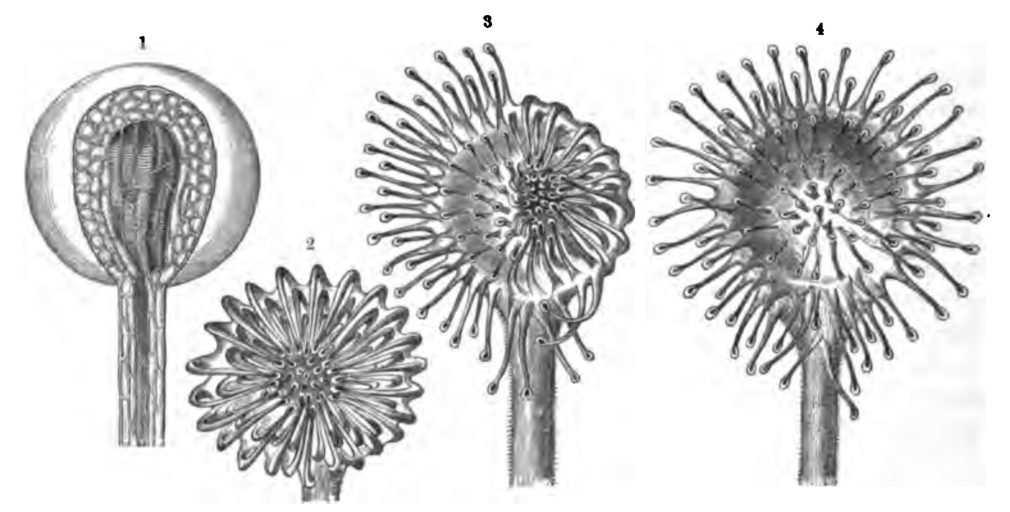
Die Ähnlichkeit, welche zwischen dem Pinguicula-Blatte und dem tierischen Magen in betreff der Wirkung auf eiweißhaltige Substanzen besteht, hat lange vor der Entdeckung dieser Verhältnisse durch die Männer der Wissenschaft zu einer praktischen Anwendung in der Milchwirtschaft geführt. Man kann nämlich mit Hilfe der Fettkrautblätter in der Milch ganz ähnliche Veränderungen wie durch Zusatz des Labes aus dem Magen der Kälber erzielen. Gießt man über diese Blätter frisch gemolkene, noch laue Milch, so entsteht dadurch eine eigentümliche zähe, ziemlich konsistente Masse, der Tätmiölk oder Sätmiölk der Lappländer, von welchem Linné schon vor 150 Jahren erzählt, daß derselbe im nördlichen Skandinavien eine sehr beliebte Speise bildet. Als besonders bemerkenswert verdient auch hervorgehoben zu werden, daß man mit einer geringen Menge des auf die angegebene Weise erzeugten Tätmiölk große Mengen frischer, süßer Milch neuerdings in Tätmiölk umwandeln kann, so daß sich also die von der Pinguicula herstammende Substanz auch in dieser Beziehung gleich andern Fermenten verhält. Auch die uralte Anwendung der Pinguicula-Blätter von seiten der Hirten in den Alpen als Heilmittel für Wunden an den Zitzen der Melkkühe ist insofern interessant, als die günstige Wirkung auf die Wunden aus der antiseptischen Wirkung des Sekretes der in Rede stehenden Blätter zu erklären ist und damit eine schon vor zwei Jahrhunderten empirisch angewendete Heilmethode heute ihre wissenschaftliche Begründung und Bestätigung findet.

Da sich das Einrollen und Aufrollen des Blattrandes am Fettkraute nur langsam vollzieht, so ist der oben beschriebene Vorgang nichts weniger als auffallend. Zudem erscheint der Rand des jungen Fettkrautblattes immer eingerollt und jener des ausgewachsenen Blattes auch dann etwas aufgestülpt, wenn eine Reizung nicht stattgefunden hat, so daß es sich eigentlich nur um ein Mehr oder Weniger der Einrollung handelt, was nur durch sehr sorgfältige Beobachtung festgestellt werden kann.

Viel rascher und auffallender als an den Arten der Gattung Pinguicula vollziehen sich die Bewegungen, durch welche die Einschließung und Verdauung kleiner Tiere erreicht wird, an jenen Gewächsen, welche die zweite Gruppe dieser Abteilung der Tierfänger bilden, und als deren bekannteste Repräsentanten die Arten der Gattung Sonnentau (Drosera) vorzuführen sind. Sie wurzeln durchweg auf feuchtem, dunklem Moorboden, zeigen auch ganz ähnliche Standorte wie die Fettkrautarten, und häufig genug sieht man Sonnentau und Fettkraut knapp nebeneinander auf einem und demselben handbreiten Streifen des sumpfigen Grundes gedeihen. Auf der Tafel bei S. 131 ist ein solches geselliges Vorkommen zur Anschauung gebracht und Drosera rotundifolia im Vereine mit Pinguicula vulgaris in den Polstern des Torfmooses auf einem Gebirgsmoore zwischen Riedgras wachsend in natürlicher Größe dargestellt. Was beim Anblicke des abgebildeten rundblätterigen Sonnentaues sowie überhaupt aller 40 bisher bekannt gewordenen Sonnentauarten zunächst am meisten auffällt, sind die weichen, weinroten, an dem freien Ende kolbenförmig verdickten und mit einem glänzenden Tröpfchen besetzten Wimpern, die von den Blättern abstehen, und deren Aufgabe im wesentlichen dieselbe ist wie jene der gestielten und ungestielten Drüsen des Pinguicula-Blattes. Diese Wimpern des Sonnentaues gehen nur von der obern Blattseite und vom Blattrande aus; die untere Blattseite ist glatt und kahl und liegt bei manchen Arten, wie z. B. bei der auf der Tafel bei S. 131 abgebildeten Drosera rotundifolia, dem feuchten, moosigen Boden auf. In dieser Beziehung sowie auch darin, daß sämtliche

Blätter eines Stockes grundständig und um den zentralen, blütentragenden, schlanken Stengel rosettenförmig oder strahlenförmig gruppiert sind, besteht eine recht auffallende Analogie der Drosera nicht nur mit Pinguicula, sondern noch mit vielen andern Tierfängern, wie namentlich den Sarracenien, Heliamphora, Cephalotus und der noch später zu besprechenden Fliegenfalle Dionaea.

Die Wimpern, welche von der obern Seite und vom Rande des Blattes ausgehen und sich wie die in ein flaches Kissen eingesenkten Stecknadeln ausnehmen, sind von ungleicher Größe. Am kürzesten sind jene, welche senkrecht vom Mittelfelde aufragen, am längsten diejenigen, welche vom äußersten Rande strahlenförmig abstehen (s. untenstehende Abbildung, Fig. 4). Diese Extreme sind durch allmähliche Übergänge verbunden. In runder Zahl kommen auf ein Blatt 200 solcher Wimpern. Das kolbenförmige Köpfchen am freien Ende jeder Wimper ist als Drüse aufzufassen. Dasselbe scheidet eine helle, klebrige, zähflüssige,



Wimpern des Sonnentaublattes: 1. Drüse am Ende einer Wimper; 30mal vergrößert. — 2. Sämtliche Wimpern eines Blattes, gegen die Mitte gebeugt. — 8. Nur die Hälfte der Wimpern, über ein gefangenes Insekt gebeugt. — 4. Sämtliche Wimpern eines Blattes ausgestreckt. — 2, 3, 4. viermal vergrößert. Vgl. Text, S. 184, 135 und 137.

leicht in Fäden ausziehbare Masse ab, welche im Sonnenscheine wie ein Tautröpfchen schimmert und glänzt, was auch zu der Benennung Sonnentau Veranlassung gab. Erschütterungen durch Wind oder fallende Regentropfen bringen keinerlei Veränderung an den Wimpern hervor. Wenn der Wind Sandkörnchen und Erdteilchen mitführt und diese auf das Blatt anweht, oder wenn man absichtlich kleine Splitter von Glas, Kohle, Gummi, Zucker oder winzige Mengen von Kleister, Wein, Thee oder was immer für andern stickstofffreien organischen Körpern mit dem kolbenförmigen Ende der Wimpern in Berührung bringt, so nimmt dort die Ausscheidung von Flüssigkeit zu, auch wird das Sekret sauer; aber es erfolgt keine Absonderung von Pepsin und keine merkbare Veränderung in der Richtung der Wimpern und der Lage der Blattränder. Sobald aber ein kleines Insekt, welches die glänzenden Perlen an den Wimpern für Honigtröpfchen hält, herbeigeflogen kommt, sich auf das Blatt niederläßt und dabei die Drüsen berührt, oder sobald man künstlich kleine Partikelchen stickstoffhaltiger organischer Körper, namentlich Fleisch und Eiweiß, auf die Köpfchen der Wimpern bringt, so erfolgt, wie bei dem Fettkraute, sofort eine vermehrte Ausscheidung der sauren Flüssigkeit und die Ausscheidung eines Fermentes, welches mit dem Pepsin in seiner Wirkung auf eiweißartige Verbindungen ganz übereinstimmt und auch als Pepsin bezeichnet werden kann.

Die angeflogenen kleinen Insekten, welche an der klebrigen Flüssigkeit hängen geblieben waren, suchen sich derselben zu entledigen und mit den Beinen die zähflüssige Masse abzustreifen, besudeln sich aber dadurch nur noch mehr, sind bald an allen Teilen ihres Körpers beschmiert und durch das klebrige Sekret in den Bewegungen beschränkt. Ihre Versuche, sich zu retten, hören auch bald auf, und da die Mündungen ihrer Atmungsorgane mit dem Sekrete überzogen und verstopft werden, erleiden sie in verhältnismäßig kurzer Zeit den Erstickungstod. Alle diese Vorgänge stimmen mit jenen, welche durch die gleiche Ursache an dem Fettkrautblatte veranlaßt werden, der Hauptsache nach überein. Was aber die Blätter des Sonnentaues besonders auszeichnet, sind die Bewegungen, welche die Wimpern infolge der Reizung durch tierische Körper vollführen, und die am auffälligsten an den vom Saume des Blattes strahlenförmig abstehenden längsten Wimpern zu beobachten sind. Wenige Minuten, nachdem die Drüse einer solchen randständigen Wimper durch Anheften eines tierischen lebendigen oder toten Körpers gereizt wurde, bemächtigt sich des ganzen Wimpernbesatzes eine förmliche Aufregung. Zunächst beugt sich diejenige Wimper, welche die gereizte, mit dem tierischen Körper beklebte Drüse trägt, nach einwärts und führt dabei eine Bewegung aus, die man mit jener des Zeigers einer Uhr vergleichen kann. Unter besonders günstigen Verhältnissen bewegt sie sich schon in zwei bis drei Minuten um einen Winkel von 45° und in zehn Minuten um 90° einwärts. Noch anschaulicher als durch das Vorrücken des Zeigers einer Uhr kann man sich diese Bewegung vorstellen, wenn man das Sonnentaublatt mit der menschlichen Hand vergleicht und denkt, daß ein an die Fingerspitze angeklebter Körper durch die Einwärtskrümmung des betreffenden Fingers im Laufe von zehn Minuten zur Fläche der Hand hinbefördert wird. Etwa zehn Minuten später, nachdem sich die erste Wimper in Bewegung gesetzt hat, beginnen auch die neben ihr stehenden sich zu beugen (s. Abbildung, S. 134, Fig. 3), nach wieder zehn Minuten folgen die weiter entfernten, und im Verlaufe von einer bis zu drei Stunden sind sämtliche Wimpern gegen den tierischen Körper, welcher die Beute der zuerst in Bewegung geratenen Wimper geworden war, als dem gemeinsamen Ziele aller dieser Bewegungen hingeneigt.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß dieses Ziel nicht immer die gleiche Lage auf der Blattfläche einnimmt. Manchmal ist es allerdings genau die Mitte des Blattes, wo sich der erbeutete tierische Körper befindet, über den dann sämtliche Wimpern des ganzen Blattes nacheinander herfallen; häufig aber ist sie es nicht, und trotzdem verfehlen die Bewegungen niemals ihr Ziel. Es kann sich ereignen, daß eine Wimper des Mittelfeldes, welche wiederholt in Anspruch genommen wird, das eine Mal sich nach rechts, das andre Mal nach links zu beugen hat. Wenn gleichzeitig auf die rechte und linke Hälfte eines und desselben Sonnentaublattes je ein kleines Stückchen Fleisch gebracht wird, so teilen sich die zweihundert Wimpern des Blattes in zwei Gruppen, und jedes Fleischstückchen wird zum Zielpunkte einer dieser Gruppen. Ebenso verhält es sich, wenn zwei kleine Insekten gleichzeitig auf ein Blatt geraten sind und zwar so, daß das eine sich auf der rechten, das andre auf der linken Seite niederließ. Häufig geht mit der Bewegung der Wimpern auch eine Krümmung der ganzen bewimperten Blattfläche Hand in Hand; die Blattspreite wird nach oben konkav wie eine hohle Hand, und wenn sich zugleich die Wimpern vom Rande her gegen die ausgehöhlte Mitte eingeschlagen haben, macht dann das Blatt den Eindruck einer geschlossenen Faust (s. Abbildung, S. 134, Fig. 2).

Alle diese Bewegungen wechseln von Fall zu Fall und ergänzen sich gegenseitig nach dem jeweiligen Bedürfnisse und dem augenblicklichen Vorteile. Immer soll durch die kombinierten Bewegungen das eine erreicht werden, daß die Beute, mit reichlichem, aus zahlreichen Drüsen zufließendem Sekrete versetzt, sich auflöst und so zur Aufsaugung, beziehentlich Ernährung geeignet wird. Ist ein Insekt an einer der randständigen

Wimpern hängen geblieben, so würde die dort abgesonderte Flüssigkeit zu dem erwähnten Zwecke nicht genügen; es wird daher die Beute möglichst weit gegen die Mitte der Blattfläche übertragen, damit sie dort mit der ausgeschiedenen Verdauungsflüssigkeit einer möglichst großen Zahl von Drüsen in Berührung kommt. Nur dann, wenn das gefangene Tier von etwas größerem Umfange ist, höhlt sich das Blatt in der Mitte löffelförmig aus, und es fließt von mehr als 50 Drüsen die Flüssigkeit in die Grube zusammen. In solchem Falle bleiben die Wimpern auch viel länger eingeschlagen, weil die Auflösung der Beute mehr Zeit beansprucht. War das erbeutete Tier von sehr geringem Umfange, dann ist die Auflösung und Aufsaugung schon nach ein paar Tagen vollendet; die Wimpern heben sich empor, strecken sich gerade und nehmen ihre ursprüngliche Lage wieder ein. Von den gefangenen Tieren sind noch die Kiefer, Flügel, Facettenaugen, Beinschienen, Klauen und dergleichen unverdaut zurückgeblieben; das Fleisch und Blut derselben ist aber vollständig ausgesaugt, und auch alle Flüssigkeit, welche die Drüsen zum Behufe der Lösung ausgeschieden hatten, ist von denselben zurückgesaugt worden. Die erwähnten unverdauten Reste hängen jetzt an trocknen Wimpern und können durch Winde leicht von den Blättern des Sonnentaues weggeweht werden. Nach einem oder zwei Tagen scheiden die in ihre ursprüngliche Lage zurückgekehrten Drüsen am Ende der Wimpern wieder klebrige Flüssigkeit in Gestalt von kleinen Tauperlen aus, und das Blatt ist neuerdings ausgerüstet, Beute aufzunehmen und die geschilderten Bewegungen zu wiederholen.

Unter den Tieren, welche dem Sonnentaue zum Opfer fallen, spielen kleine Mücken die hervorragendste Rolle; aber auch etwas größere Fliegen, geflügelte und ungeflügelte Ameisen, Käfer, kleine Schmetterlinge, ja selbst Libellen kommen fliegend, laufend oder kriechend herbei und verkleben sich mit den gleich Leimspindeln ausgestreckten drüsentragenden Wimpern. Größere Tiere, wie namentlich Libellen, werden durch Beteiligung von zwei oder drei benachbarten Blättern festgehalten. — Wie groß die Zahl der von dem Sonnentaue erbeuteten Tiere ist, mag danach berechnet werden, daß man einmal auf einem einzigen Blatte die Reste von 13 verschiedenen Insekten gefunden hat.

Um die hohe Bedeutung, welche den Bewegungen der Wimpern am Blatte des Sonnentaues nicht nur für die Ernährung dieser Pflanze, sondern für das Pflanzenleben überhaupt zukommt, in das rechte Licht zu setzen, ist es am Platze, hier nochmals darauf hinzuweisen, daß diese Bewegungen nicht in der unmittelbar gereizten Zelle, sondern in andern, in benachbarten Zellen derselben Zellengenossenschaft sich vollziehen, daß demnach hier eine Fortpflanzung des Reizes von einem auf einen zweiten, dritten, zehnten, hundertsten Protoplasten stattfindet, daß die Fortpflanzung strahlenförmig nach allen Seiten erfolgt, und daß die Geschwindigkeit derselben eine meßbare ist. Die Bewegungen, zu welchen die fern stehenden Protoplasten durch den von der Nachbarschaft her übertragenen Reiz veranlaßt werden, sind je nach der Lage des reizenden Gegenstandes bald hierhin, bald dorthin gerichtet, in jedem Falle aber zweckmäßige und für die ganze Zellengenossenschaft vorteilhafte. Es bilden daher diese Bewegungen einen wichtigen Beleg für jene Angaben, welche auf S. 49 über die unbewußt zweckmäßige Auslösung der Reize und über den Instinkt der Pflanzen gemacht wurden.

Was die Empfindlichkeit des Sonnentaublattes anbelangt, so haben die desfallsigen Untersuchungen folgende Resultate geliefert. Der Abschnitt eines Frauenhaares von 0,2 mm Länge und 0,000822 mg Gewicht, auf die Drüse einer Drosera rotundifolia gebracht, veranlaßte in der Wimper, von welcher die gereizte Drüse getragen wurde, noch eine Bewegung, die sich äußerlich als Beugung zu erkennen gab. Ein solcher winziger Körper, auf die Zunge eines Menschen gebracht, wird dort nicht mehr wahrgenommen, und die Empfindlichkeit der Protoplasten in den Sonnentaudrüsen ist daher größer als jene der Nervenendigungen

in der Zungenspitze, die doch bekanntlich als die empfindlichsten des menschlichen Körpers angesehen werden. Von kohlensaurem Ammoniak genügte 1/4000 und von phosphorsaurem Ammoniak 1/80000 mg, um eine Bewegung zu veranlassen. Aus allen Versuchen, deren Ergebnisse ausführlich zu behandeln hier zu weit führen würde, geht hervor, daß flüssige Stoffe noch kräftiger reizen als feste, und daß die Beugung der Wimpern desto rascher erfolgt, je nahrhafter der auf die Drüse übertragene Stoff für die Pflanze ist.

Die Fortpflanzung oder Leitung des Reizes durch den Leib der Protoplasten, wie sie in der Zellengenossenschaft eines Sonnentaublattes stattfindet, kann mit der Nervenleitung des Reizes von einem Sinnesorgane zum Zentralorgane und mit der Leitung der vom Gehirne ausgehenden Willenskraft zu den Muskeln verglichen werden. Man denkt sich diese Leitung als eine fortschreitende Bewegung in den kleinsten Teilchen der Nerven, ähnlich der Leitung des Schalles, des Lichtes und der Elektrizität; aber es ist noch niemals gelungen, diese Bewegungen ersichtlich zu machen. Um so interessanter ist es, daß man die materielle Veränderung, welche in den gereizten und den Reiz leitenden Protoplasten des Sonnentaublattes vor sich geht, bei sehr geringer Vergrößerung, ja selbst mit freiem Auge in den Drüsen und Wimpern zu sehen und zu verfolgen im stande ist. Jede Wimper des Sonnentaublattes wird aus einem oder zwei Gefäßen mit feinen, schraubenförmigen Skulpturen an der innern Seite und aus parenchymatischen, dieses Gefäß oder Gefäßpaar einhüllenden Zellen gebildet, und jede Drüse besteht in der Mitte aus einer Gruppe länglicher, an der innern Seite mit sehr zarten schraubigen Verdickungen skulptierter Zellen (Spiroiden), in welche sich das durch die Mitte der Wimper verlaufende Gefäß oder Gefäßpaar auskeilt (s. Abbildung, S. 134, Fig. 1). Ein aus zwei oder drei Lagen gebildetes Parenchym umgibt die mittlere Gruppe von Spiroiden. In jeder parenchymatischen Zelle erkennt man den Protoplasten, welcher einen dicken Wandbeleg bildet, fortwährend in strömender, zirkulierender Bewegung ist und in seiner Leibeshöhle eine gleichmäßig purpurn gefärbte Flüssigkeit enthält. Wird nun auf diese Zellen das winzigste Bruchstück eines tierischen Körpers, Fleisch, Eiweiß und dergleichen, gelegt, so wirkt dieses als Reiz auf den Inhalt der Zellkammern, und dieser Reiz äußert sich in der Weise, daß sich die bisher gleichmäßig purpurn gefärbte Flüssigkeit in dunkle, rundliche, keulige und wurmförmige Klumpen und wolkenförmige Ballen und in eine fast farblose Flüssigkeit sondert. Diese Veränderung aber pflanzt sich von dem gereizten Punkte fort von Zelle zu Zelle abwärts durch die Wimper, über die Blattfläche zu den Nachbarwimpern, an diesen hinauf bis zu den Köpfchen und so weiter und weiter wie ausstrahlend nach allen Richtungen. Und Hand in Hand mit diesem sichtbaren Zeichen der Leitung des Reizes geht auch die Krümmung aller Wimpern, in welchen sich die Purpurflüssigkeit in der angegebenen Weise verändert hat. Ist das reizende Stückchen Fleisch gelöst und verdaut, und nehmen die Wimpern wieder ihre ursprüngliche Lage ein, so verschwinden auch die dunkeln Klumpen und Ballen in der Leibeshöhle der Protoplasten, und es stellt sich die gleichmäßige Purpurfarbe, wie sie vor der Reizung bestanden hatte, wieder her.

Die Arten der Gattung Sonnentau sind über alle Weltteile verbreitet, und es ist diese Gattung auch die artenreichste aus der Familie der Droseraceen. Die meisten andern dieser Familie angehörigen Gattungen, **Dionaea, Aldrovandia, Byblis, Roridula, Drosophyllum**, sind dagegen nichts weniger als reich gegliedert. Jede derselben ist nämlich nur durch eine einzige oder durch einige wenige Arten repräsentiert, und jede wurde nur in einem sehr beschränkten Gebiete aufgefunden. So wie **Drosera** sind sie sämtlich „insektenfressende Pflanzen“ und besitzen alle die Fähigkeit, die stickstoffhaltigen Verbindungen aus getöteten Tieren aufzulösen, aufzusaugen und als Nahrungszuschuß zu verwenden. Die auffallendsten derselben aber sind **Dionaea** und **Aldrovandia**, welche die allerdings sehr

kleine dritte Gruppe der beim Fange Bewegungen ausführenden Tierfänger bilden, und deren Fang- und Verdauungsapparat zu den seltsamsten Einrichtungen gehört, welche die Pflanzenwelt aufweist.

Was zunächst die Venus-Fliegenfalle (Dionaea muscipula) anbelangt, welche wild wachsend nur in einem beschränkten Landstriche im östlichen Nordamerika (von Long Island bis Florida) am Rande der Torfmoore vorkommt und die hier untenstehend in halber Größe abgebildet ist, so erscheinen deren Blätter, ähnlich denjenigen vieler andrer tierfangender Pflanzen, rosettenförmig um den blütentragenden Schaft gruppiert und die meisten mit der



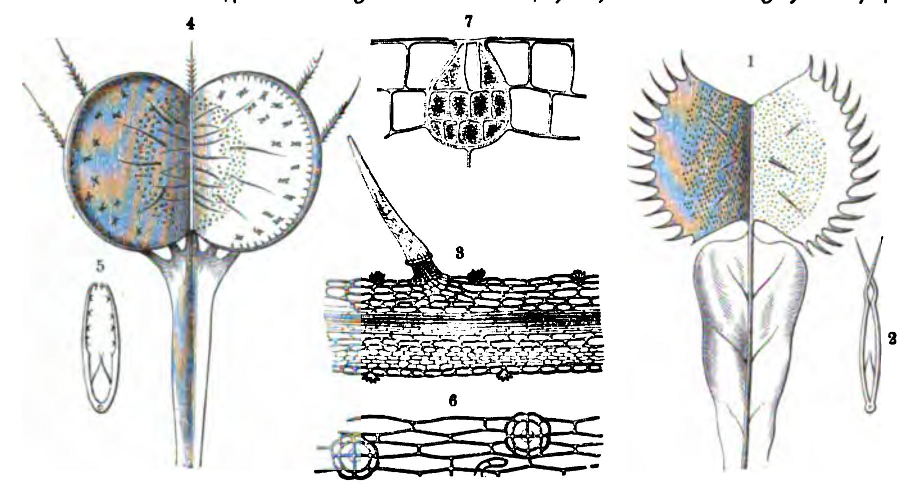
Venusfliegenfalle (Dionaea muscipula).

Rückseite ganz oder teilweise dem Moorboden aufliegend. Jedes Blatt besteht aus dem spatelförmigen, flachen Blattstiele, der nach vorn zu wie abgestutzt und plötzlich auf die Mittelrippe zusammengezogen ist, und dann aus der rundlichen Blattspreite. Diese letztere ist durch den Mittelnerv in zwei gleich große Hälften geteilt, welche wie die Blätter eines halb offenen Buches unter einem Winkel von 60 bis 90° gegeneinander geneigt sind. Der rechte sowie der linke Rand der Blattspreite laufen jeder in 12—20 spitze, lange Zähne aus, die aber weder eine Drüse noch sonst irgend ein besonderes Gebilde an ihrer Spitze tragen.

Auf dem Mittelfelde einer jeden Blatthälfte befinden sich je drei sehr steife und spitze Stacheln, die stets kürzer als die Zähne des Randes sind und von der Blattfläche schief in die Höhe ragen. Sie sind aus langgestreckten Zellen zusammengesetzt (s. Abbildung, S. 139, Fig. 3), deren Protoplasma sich zeitlebens in einem ziemlich lebhaften Kreislaufe befindet. An der Basis dieser stachelförmigen Gebilde findet sich ein aus kleinen Parenchymzellen gebildetes sehr kurzes cylinderförmiges Gewebepolster, welches ein Niederbeugen der Stacheln zuläßt.

Die Stacheln selbst sind nämlich starr und werden infolge eines auf sie einwirkenden Druckes auch nicht gekrümmt, sondern nur auf die Blattfläche niedergedrückt, wobei das erwähnte Gewebepolster einknickt und gleichsam als Gelenk dient. Außer diesen Stacheln finden sich über die ganze obere Seite der Blattspreite zerstreut noch Drüsen, welche den kurzgestielten Drüsen des Fettkrautblattes ähnlich sehen, aus 28 kleinen Zellen zusammengesetzt sind, eine purpurne Farbe haben und zur Ausscheidung einer schleimigen Flüssigkeit befähigt sind. Am Blattsaume, zwischen den spitzen Zähnen sowie an der untern Seite des Blattes zeigen sich auch noch kleine sogenannte Sternhaare.

Stoß, Druck, Erschütterungen der ganzen Pflanze oder eines ganzen Blattes durch Wind oder fallende Regentropfen, ja selbst Verletzungen an den Blattstielen und an der untern Seite der Blattspreite bringen keinerlei ersichtliche Veränderung hervor; sobald



Fangvorrichtungen an den Blättern der Aldrovandie und der Venusfliegenfalle: 1. Ausgebreitetes Blatt der Venusfliegenfalle. — 2. Durchschnitt durch ein zusammengeklapptes Blatt. — 8. Eine der reizbaren Borsten auf der Blattfläche. — 4. Ausgebreitetes Blatt der Aldrovandie. — 5. Durchschnitt durch ein zusammengeklapptes Blatt. — 6. Drüsen auf der Blattfläche der Aldrovandie. — 7. Drüsen in der Wand eines Sarracenia-Schlauches. Vgl. Text, S. 117, 138, 139 u. 142.

aber die obere Seite der Blattspreite berührt wird, so nähern sich die beiden bisher unter einem rechten Winkel gegeneinander geneigten Hälften der Blattspreite so lange, bis die spitzen Zähne des Randes ineinander greifen und der berührende Körper zwischen zwei Wände eingeschlossen ist (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2). Wurden von dem berührenden Körper nur die mit den purpurnen Drüsen besetzten Stellen der Blattspreite gereizt, so erfolgt dieses Zusammenfalten und Schließen ziemlich langsam; wurde aber einer der sechs Stacheln, welche zu drei und drei von den zwei Blatthälften emporgerichtet sind, noch so leise betastet, so erfolgt das Schließen innerhalb 10—30 Sekunden, also geradezu momentan, und kann am besten mit dem Zusammenklappen eines bisher halb geöffneten Buches verglichen werden. Die am Blattsaume stehenden Zähne greifen bei dieser Gelegenheit so ineinander wie die Finger zweier verschränkter Hände; die beiden zusammengerückten Hälften der Blattspreite aber, welche bisher ebene Flächen gebildet hatten, werden im Augenblicke des Zusammenklappens etwas vertieft, so daß sie auch nicht platt aufeinander zu liegen kommen, sondern einen Hohlraum umschließen, der beiläufig dem Umrisse einer Bohne entspricht.

Die nun weiter folgenden Veränderungen und Vorgänge sind davon abhängig, ob die Berührung des reizbaren Blattteiles eine länger andauernde oder nur eine vorübergehende, und weiterhin, ob der berührende Körper ein unorganischer oder organischer, ein stickstoffloser oder stickstoffhaltiger war. Erfolgte nur ein rasches Betasten oder flüchtiges

Anstreifen, so faltet sich das Blatt zwar zusammen, bleibt aber nur kurze Zeit geschlossen, beginnt sich bald wieder auseinander zu legen und kann auch sofort neuerlich gereizt und zum Zusammenfalten gebracht werden. Dasselbe gilt für den Fall, daß die Berührung durch ein anprallendes Sandkorn oder sonst irgend einen unorganischen Körper stattfand, ja auch dann, wenn der Reiz zwar von einem organischen, aber stickstofflosen Gebilde ausging. War dagegen der auf die obere Seite der Blattspreite gelangte Körper stickstoffhaltig, und war die Berührung nicht gar zu flüchtig, so bleiben die beiden Blatthälften längere Zeit über ihn zusammengeschlagen, sie werden auch wieder platt und eben und pressen so fest aufeinander, daß weichere dazwischenliegende Gegenstände gequetscht und zerdrückt werden. Auch beginnen dann die bis dahin trocknen Drüsen eine schleimige, farblose, sehr saure Flüssigkeit auszuscheiden und zwar auch jene Drüsen, welche mit dem eingeschlossenen stickstoffhaltigen Körper gar nicht in Berührung sind. Dieses Sekret fließt so reichlich, daß es in Tropfenform gesehen werden kann, wenn man die zusammengeschlagenen Blatthälften gewaltsam auseinander zerrt. Es umgibt den eingeschlossenen Körper und löst allmählich die eiweißartigen Verbindungen desselben auf. Hierauf wird das Sekret, und was sich in ihm gelöst hat, von denselben Drüsen wieder aufgesaugt, welche früher infolge des Reizes die saure, pepsinhaltige Flüssigkeit ausgeschieden hatten, und wenn sich jetzt die Falle wieder öffnet, so sind die Drüsen trocken; was von dem eingeschlossenen Körper löslich war, ist verschwunden; die sechs kleinen Stacheln, welche in dem geschlossenen Blatte wie die Klinge eines Taschenmessers eingeknickt und auf die Fläche gedrückt waren, richten sich auf, und das Blatt ist für neuen Fang wieder geeignet.

Je nach der Größe des stickstoffhaltigen, auf die Blattfläche gelangten Körpers ist auch die zur Verdauung desselben notwendige Zeit verschieden. Gewöhnlich bleibt das Blatt 8—14, manchmal aber auch 20 Tage geschlossen. Größere lebende Gliedertiere, Ohrwürmer, Tausendfüße, Libellen, welche auf die obere Blattfläche kommen, veranlassen zwar ein Zusammenklappen, vermögen aber, wenn sie mit einem Teile ihres Körpers über den gezahnten Rand der Blattspreite hinausragen, noch zu entschlüpfen, da die Zähne biegsam sind und einem kräftigen Drucke nachgeben; kleinere Tiere aber, über welche die beiden Hälften der Blattspreite ganz zusammenklappen, sind rettungslos verloren. Sie ersticken alsbald in der reichlich von den Drüsen ausgeschiedenen Flüssigkeit und werden bis auf die unverdaulichen Klauen, Beinschienen, Ringe und dergleichen aufgelöst und aufgesaugt.

Von den früher geschilderten Verrichtungen des Sonnentaublattes weichen jene des Dionaea-Blattes trotz des gleichen Zieles und Erfolges doch sehr wesentlich ab. Die Teilung der Arbeit ist an der Fliegenfalle jedenfalls weit mehr vorgeschritten, indem die vorzugsweise reizbaren Gebilde, nämlich jene sechs Stächelchen, welche der obern Blattfläche aufsitzen, nicht zugleich als Verdauungsdrüsen fungieren. Ebenso tragen die langen, spitzen Zähne am Saume des Blattes, welche ihrer Lage nach den randständigen Wimpern des Sonnentaublattes zu vergleichen sind, keine Drüsen und dienen nur zum sichern Abschlusse der Falle, in welche das Tier geraten war. Es sind demnach an der Dionaea besondere Ausbildungen für drei verschiedene Verrichtungen vorhanden: für die Reizung, für das Fangen und für die Verdauung, während an dem Blatte der Drosera alle diese Funktionen den drüsentragenden Wimpern allein zukommen. Der Reiz, der an dem Blatte der Fliegenfalle auf die Stacheln wirkt, wird durch rasche Bewegung der Blatthälften und durch Ausscheidung von Verdauungsflüssigkeit aus den Drüsen ausgelöst, und die Ausscheidung erfolgt demnach durch Vermittelung von Zellen, welche selbst direkt gar nicht gereizt wurden. Es ist dieser Vorgang jedenfalls hier noch weit auffallender als an dem Sonnentaublatte. Die Leitung des Reizes, wenn sie auch der Hauptsache nach bei beiden verglichenen Pflanzen dieselbe ist, erfolgt bei Dionaea jedenfalls weit schneller als bei Drosera.

Daß alle diese Vorgänge, zumal die Leitung und Auslösung des Reizes, mit den ähnlichen Vorgängen in den Muskeln und Nerven im tierischen Organismus verglichen werden können, wurde schon bei Besprechung des Sonnentaues hervorgehoben. An dem Fliegenfallenblatte wurden merkwürdigerweise sogar elektrische Ströme beobachtet, welche beweisen, daß dasselbe mit den Muskeln und Nerven auch in seiner elektromotorischen Wirksamkeit die größte Analogie zeigt. Ein Strom positiver Elektrizität geht von der Basis zur Spitze der Blattspreite, ein andrer, entgegengesetzter ist im Blattstiele nachweisbar, und als Sitz der Elektrizitätsquelle wurden die obern Zellenlagen der Blattspreite und die Mittelrippe ermittelt. Jede Reizung des Blattes aber hat sofort eine starke Änderung in der Stromintensität zur Folge, und da diese elektrische Stromschwankung der durch den Reiz eingeleiteten Bewegung des Fliegenfallenblattes vorausgeht, so liegt es nahe, anzunehmen, daß dieselbe mit der Leitung und Auslösung des Reizes zusammenhängt.

Die mit der Fliegenfalle im Baue des Blattes zunächst verwandte Aldrovandia ist eine Wasserpflanze, welche zerstreut im südlichen und mittlern Europa vorkommt. Sie



Aldrovandie (Aldrovandia vesiculosa).

gedeiht nur in seichten Gräben, Tümpeln und kleinen Teichen, welche von Röhricht und hohen Binsen eingefaßt sind, wo klares, im Sommer bis zu 30° sich erwärmendes, sogenanntes weiches Wasser die Pflanzen umspült, und wo jede Inkrustation mit kohlensaurem Kalke, durch welche die zarten Teile der Blätter in ihren Bewegungen gehemmt werden könnten, ausgeschlossen ist. Bei flüchtiger Betrachtung möchte man Aldrovandia vesiculosa, die obenstehend in natürlicher Größe und Lage abgebildet ist, für eine Utricularia (s. S. 112) halten. Wie diese, erhält sie sich schwebend im Wasser, ist wurzellos und zeigt einen dünnen, fadenförmigen, mit wirtelig gestellten, in Borsten auslaufenden Blattbildungen besetzten Stengel, welcher in dem Maße, als er an der Spitze weiter wächst, rückwärts abstirbt und dort in Verwesung übergeht. Auch die Bildung überwinternder Knospen ist ganz ähnlich wie bei Utricularia. Das Stengelende der Pflanze streckt und verlängert sich gegen den Herbst zu nicht weiter, und die paar Hundert junger kleiner Blätter, welche das Stengelende schmücken, und deren Zellen mit Stärkekörnern ganz erfüllt sind, bleiben dicht gehäuft neben- und übereinander liegen und bilden einen eiförmigen, dunkeln, borstigen Ballen, welcher mit Beginn des Winters auf den Grund des Tümpels oder Teiches hinabsinkt und dort, auf dem Schlamme liegend, auch überwintert.

Erst ziemlich spät im darauf folgenden Frühlinge, wenn schon kleine Mückenlarven und andre Tiere in Hülle und Fülle sich im Wasser herumtummeln, regt sich wieder neues Leben in diesen Gebilden. Die Stärkekörner in den Blättern werden verflüssigt und als Baustoffe verwendet, die Achse streckt sich, es entwickeln sich luftgefüllte Räume; die infolgedessen leichter gewordene Pflanze kommt in die Höhe und erhält sich den Sommer und Herbst hindurch schwebend dicht unter der Oberfläche des Wassers. Die kleinen Blätter der Winterknospen lassen zwar im allgemeinen schon die zukünftige Form erkennen, aber gerade der zum

Tierfange geeignete Apparat ist an ihnen noch wenig entwickelt. Wenn aber die Blätter einmal vollständig ausgewachsen sind, tragen sie eine Blattspreite, welche jener der Dionaea außerordentlich ähnlich gestaltet ist und auch ganz so wie diese als Klappe zum Fangen kleiner Tiere dient. Jedes Blatt gliedert sich gleich dem der Dionaea in einen nach vorn zu keulig verbreiterten, kräftigen, dunkelgrünen Blattstiel und eine dünnhäutige, im Umrisse rundliche Blattspreite, deren beide durch die Mittelrippe verbundene Hälften gegeneinander unter einem nahezu rechten Winkel geneigt sind (s. Abbildung, S. 139, Fig. 4). Diese Mittelrippe ragt borstenförmig über das Ende der zarten Blattspreite hinaus. Außerdem entspringen noch knapp neben jener Stelle, wo sich die Blattspreite an den Blattstiel ansetzt, und zwar von dem letztern verhältnismäßig lange, starre, äußerst fein bestachelte Borsten, die nach vorn gerichtet abstehen, dem ganzen Blattgebilde ein borstiges Ansehen geben und die Annäherung von Tieren, welche zum Fange nicht geeignet wären, abwehren. Die beiden Ränder der Blattspreite sind eingebogen und am Saume mit kleinen, kegelförmigen Spitzen besetzt. Auf der Fläche der Blattspreite, insbesondere längs der Mittelrippe, finden sich spitze Börstchen und dann, von der Mittelrippe bis beiläufig zur Mitte jeder Blatthälfte, in großer Zahl größere und kleinere Drüsen. Die größern Drüsen sind scheibenförmig, sehen den sitzenden Drüsen auf den Fettkrautblättern nicht unähnlich, bestehen aus vier mittlern und zwölf um diese im Kreise gruppierten Zellen und werden von einem sehr kurzen Stiele getragen. Die kleinen Drüsen sind armzellig und bestehen gewöhnlich nur aus einer köpfchenförmigen Zelle, die auf einer kurzen Stielzelle aufsitzt (s. Abbildung, S. 139, Fig. 6). Gegen den eingebogenen Rand der Blattspreite zeigen sich auch noch zerstreute Sternhaare, d. h. Zellenverbände, die so gruppiert sind, daß sie, von oben gesehen, ein Andreaskreuz darstellen.

Wenn kleine im Wasser schwimmende Tiere, oder wenn schwimmende Diatomaceen, zumal Navicula-Arten, die obere Seite der unter rechtem Winkel gegeneinander geneigten Hälften der Blattspreite berühren, insbesondere wenn von ihnen im Vorübergleiten die Borsten am Mittelfelde gestreift werden, schlagen die beiden Blatthälften gerade so wie jene der Dionaea rasch zusammen, und das Tier oder die Navicula ist nun zwischen zwei etwas ausgebauchten Wänden eines Käfiges eingeschlossen. Einem etwaigen Versuche des gefangenen Tieres, an jener Stelle zu entweichen, wo sich die beiden Ränder der Blattspreite aneinander gelegt haben, wird dadurch gewehrt, daß der Saum der eingeschlagenen Ränder mit spitzen, gegen den Innenraum der gebildeten Höhlung gerichteten Zacken besetzt ist (s. Abbildung, S. 139, Fig. 5).

Unter den Gefangenen findet man wieder dieselbe Gesellschaft wie in den Fallen der Utricularia, kleine Cyclops-, Daphnia- und Cypris-Arten, Larven von Wasserinsekten, nicht selten auch Navicula-Arten und andre frei und einzeln lebende Diatomaceen. Wie diese Häftlinge getötet und dann verdaut werden, ist noch nicht genau ermittelt; auf keinen Fall geht das so rasch wie bei Dionaea, da man einzelne der Tiere sechs Tage, nachdem sie gefangen wurden, noch lebend in ihrem Gefängnisse gesehen hat. Schließlich aber hören die Bewegungen und Lebensregungen der Gefangenen auf, und wenn man nach ein paar Wochen die beiden Hälften der Blattspreite auseinander zerrt, so sind nur noch Schalen, Borsten, Leibesringe und Kieselpanzer als Inhalt zu finden, während alles, was löslich war, verschwunden ist und offenbar aufgesaugt wurde.

Sehr ähnlich der durch Süd- und Mitteleuropa verbreiteten Art sind die in Australien heimische Aldrovandia australis und die das tropische Indien bewohnende Aldrovandia verticillata. Der Umstand, daß man innerhalb ihrer zusammengeklappten Blattspreiten die Reste von kleinen Wasserkäfern und andern Tieren gefunden hat, läßt darauf schließen, daß sie sich in derselben Weise als Tierfänger verhalten wie Aldrovandia vesiculosa.

Tierfänger mit Klebevorrichtungen.

Die Formen, welche die dritte Abteilung tierfangender Pflanzen bilden, haben weder Fallgruben, noch zeigen sie Bewegungen, die durch Berührung mit tierischen Körpern hervorgerufen werden, sondern ihre Blätter stellen unbewegliche Leimspindeln dar, deren Drüsen die Fähigkeit haben, klebrige Substanzen zum Fange



Taublatt (Drosophyllum lusitanicum).

und Säfte zum Verdauen der gefangenen Tiere auszuscheiden, und welche überdies im stande sind, die gelösten eiweißartigen Verbindungen zu resorbieren. Der auffallendste und am genauesten untersuchte Repräsentant dieser Abteilung ist das in Portugal und in Marokko heimische Taublatt (Drosophyllum lusitanicum), welches in obenstehender Abbildung erscheint. Diese Pflanze weicht von allen bisher besprochenen Tierfängern in betreff des Standortes insofern ab, als sie nicht unter Wasser, auch nicht an sumpfigen Orten, sondern auf sandigem Boden und felsigen, trocknen Bergen wächst.

Der Stengel wird an kräftigen Exemplaren nahezu eine Spanne hoch und trägt oben an den spärlichen kurzen Verzweigungen 2—3 cm große Blüten. Die Blätter, welche reichlich vorhanden sind und insbesondere um die Basis des Stengels gehäuft herumstehen, erscheinen lineal, gegen die fadenförmige Spitze zu sehr allmählich verschmälert, auf der obern Seite etwas rinnenförmig vertieft. Mit Ausnahme dieser Rinnen sind die Blätter ganz und gar mit in der Sonne schimmernden, an Tautropfen erinnernden Perlen besetzt, welchem Umstande diese Pflanze den Namen Taublatt (Drosophyllum) verdankt. Die glänzenden Tropfen sind das Sekret von Drüsen, welche in ihrer Gestalt zum Teile an die langgestielten Drüsen des Fettkrautes (Pinguicula), zum Teile an jene des Sonnentaues (Drosera) erinnern. Mit letztern stimmen sie darin überein, daß sie rot gefärbt sind, daß der stielartige Träger der Drüse Gefäße und die Drüsen selbst längliche Zellen enthalten, deren Innenwände durch schraubig verlaufende feine Leisten verdickt sind, und ferner dadurch, daß das Sekret als eine tropfenartige, farblose Hülle die Drüse umgibt. Den Drüsen des Fettkrautes aber ähneln sie insbesondere in der Form, welche ganz die von kleinen Hutpilzen ist.

Außer diesen mit freiem Auge deutlich erkennbaren Drüsen, welche von ungleich langen Stielen getragen werden, finden sich auch noch sehr kleine, stiellose, sitzende Drüsen, welche farblos sind und die sich von den gestielten insbesondere auch dadurch unterscheiden, daß sie nur dann eine saure Flüssigkeit ausscheiden, wenn sie mit einem stickstoffhaltigen tierischen Körper in Berührung kommen, während das tropfenartige Sekret an den gestielten Drüsen auch ohne eine solche Berührung sezerniert wird. Dieses Sekret ist sauer und ungemein klebrig. Sehr eigentümlich ist, daß es zwar den Körpern, die von außen her in Berührung gelangen, sofort anhängt, aber sich sehr leicht von der Drüse selbst ablöst. Kommt ein Insekt auf das Taublatt angeflogen, so verkleben augenblicklich Beine, Hinterleib und Flügel mit dem berührten Tropfen; das Insekt wird aber von der Drüse, welche diesen Tropfen abgesondert hatte, nicht festgehalten, sondern kann sich weiterbewegen und zieht dadurch den Tropfen von der Drüse ab. Bei seinen Bewegungen kommt es noch mit weitern Tropfen in Berührung; auch diese trennen sich von ihren Drüsen, und so ist das Insekt in kürzester Zeit mit den Sekreten zahlreicher Drüsen beklebt, behängt, besudelt und umflossen, vermag nicht mehr weiter vorwärts zu kriechen, erstickt, sinkt zu den tiefer stehenden stiellosen Drüsen der Blattfläche hinab, und es wird nun durch Vermittelung der Ausscheidungen der Drüsen alles, was löslich ist, aus dem Leichname aufgelöst und aufgesaugt.

Die ihres tropfenförmigen Sekretes beraubten Drüsen ersetzen dasselbe ungemein rasch. Überhaupt ist die Menge der flüssigen sauren Ausscheidung eine sehr reichliche, und so darf es nicht überraschen, wenn man das Taublatt gleichzeitig mit den Resten ausgesaugter, mit den Leibern eingeschleimter, verendeter und mit den noch zappelnden Körpern eben angeflogener und angeklebter Insekten besetzt findet. Die Zahl der Tiere, welche an den Blättern eines einzigen Stockes hängen bleibt, ist sehr groß, und selbst demjenigen, der sich nicht weiter um die Pflanzenwelt kümmert, fällt es auf, wenn er ein Gewächs sieht, dessen Blätter wie Leimspindeln mit zahlreichen angeklebten Insekten besetzt sind. In der Gegend von Oporto, wo das Taublatt häufig wächst, benutzen die Bauern diese Pflanze auch ähnlich wie Leimspindeln; sie hängen sie in ihren Stuben auf, wonach zahlreiche der lästigen Fliegen an denselben kleben bleiben und ihren Tod finden.

Ähnlich wie das Taublatt, wenn auch weniger auffallend, vermögen noch zahlreiche andre Pflanzen einen Zuschuß stickstoffhaltiger Nahrung aus angeklebten Tieren durch Vermittelung der den Blättern aufsitzenden sezernierenden und resorbierenden Drüsen zu gewinnen, so namentlich zahlreiche Primeln, Steinbreche und Hauswurzarten, welche in Spalten und Ritzen der Felsen wurzeln (z. B. Primula viscosa, villosa, hirsuta, Saxifraga luteo-viridis, bulbifera, tridactylites, Sempervivum montanum), dann Nelken- und

Kapperngewächse, welche im Sande der Steppen wachsen (z. B. Saponaria viscosa, Silene viscosa, Cleome ornithopodioides, Bouchea coluteoides), endlich noch eine Reihe von Pflanzen, welche in Torfsümpfen und auf tiefem Humusboden gedeihen, wie Sedum villosum, Roridula dentata, Byblis gigantea und noch viele andre.

Es wäre aber irrtümlich, zu glauben, daß überall dort, wo klebrige Überzüge an Blättern und Stengeln vorkommen, notwendig auch eine Lösung und Verdauung der an diesen klebrigen Teilen hängen gebliebenen Insekten und andrer Tiere stattfinde. Vielfach sind derlei den Leimspindeln vergleichbare Gebilde Schutzmittel der honigführenden Blüten gegen unwillkommene Gäste aus der Insektenwelt, wie später in ausführlicher Weise auseinandergesetzt werden wird. Manchmal mögen allerdings den Drüsen, welche klebriges Sekret ausscheiden, zweierlei Funktionen zukommen, d. h. sie mögen einerseits den Zugang zum Honig unberufenen Tieren verwehren, anderseits aber aus jenen Insekten, welche, getrieben von übermäßiger Begierde, den gefährlichen Weg zu den Honigbehältern betreten hatten, dort kleben blieben und verendeten, Nutzen ziehen, indem sie durch Vermittelung des Sekretes deren Fleisch und Blut lösen und aufsaugen.

Viele Pflanzen tragen an der Oberhaut ihrer Blätter Gebilde, welche der Form nach mit den Drüsen der Tierfänger übereinstimmen, aber weder spontan noch gereizt Sekrete ausscheiden. Dagegen kommt diesen Gebilden die Fähigkeit zu, Wasser aufzusaugen, und sie sind in dieser Beziehung für die betreffenden Pflanzen von größter Wichtigkeit. Wenn auch die eingehendere Besprechung derselben erst später bei Gelegenheit der Behandlung der Wasseraufnahme durch oberirdische Organe an die Reihe kommt, so ist es doch angezeigt, schon hier darauf hinzuweisen, daß durch die erwähnten Saugorgane wohl nur sehr selten chemisch reines Wasser in die Pflanze gelangt. Fast immer wird Salpetersäure und unter Umständen auch Ammoniak mit dem atmosphärischen Wasser in die Pflanze eingeführt (vgl. auch S. 60). Ist der Betrag an Stickstoff, der auf diese Weise in die Pflanze kommt, auch sehr gering, so ist derselbe doch nicht zu unterschätzen, am wenigsten für Pflanzen, welche mittels ihrer Wurzeln aus dem Boden nur wenig stickstoffhaltige Verbindungen zu erlangen im stande sind. Da ist es nun im vorhinein sehr wahrscheinlich, daß solche Pflanzen auch andre Stickstoffverbindungen, welche ihren oberirdischen Blättern mit dem atmosphärischen Wasser zugeführt werden, nicht verschmähen. Die Laubblätter vieler Pflanzen zeigen Einrichtungen, welche in eignen Vertiefungen das Regenwasser oft ziemlich lange zurückhalten. In diese Vertiefungen werden aber sehr regelmäßig Staubteilchen, kleine tote Tiere, Blütenstaubzellen und dergleichen durch den Wind herbeigeweht; auch das aus der Blütenregion an dem Stengel herabrieselnde Regenwasser bringt von oben die verschiedensten Dinge mit und schwemmt sie in diese Wasserbehälter der Laubblätter hinein. Mitunter verunglücken auch einzelne Tiere in diesen Wasserbehältern durch Ertrinken. Thatsache ist, daß das Wasser in den Vertiefungen der Blätter des schildförmigen Steinbrechs und der Bromeliaceen, in den blasig aufgetriebenen Blattscheiden der Bärenklauarten und andrer großer Doldenpflanzen sowie in den Bechern, welche durch Verwachsung gegenüberstehender Blätter bei manchen Gentianeen, Kompositen und Kardendisteln entstehen, immer bräunlich gefärbt ist und stickstoffhaltige Verbindungen gelöst enthält, welche aus den zersetzten, in diese Wasserbehälter gelangten toten Tieren hervorgegangen sind.

Finden sich im Grunde der erwähnten Wasserbehälter Saugorgane, so wird durch diese ohne weiteres nicht nur Wasser, sondern es werden auch die in demselben gelösten stickstoffhaltigen Verbindungen resorbiert. Solche Vertiefungen im Bereiche der Laubblätter sind dann von denjenigen, welche an den Sarracenien vorkommen und die oben besprochen wurden, nur darin verschieden, daß ihnen Einrichtungen fehlen, durch welche Tiere in die Falle gelockt werden, und durch welche diesen unmöglich gemacht ist, aus der Falle wieder

zu entkommen. Es läßt sich aber nicht in Abrede stellen, daß durch derlei Formen ein allmählicher Übergang von denjenigen Pflanzen, welche mittels ihrer Laubblätter fast reines Wasser aufnehmen, zu den Tierfängern hergestellt erscheint. Aber auch an diesen letztern findet man wieder eine ganze Stufenleiter der Einrichtungen von dem Taublatte und den Primeln mit sezernierenden, blattständigen Drüsen bis zur Fliegenfalle (Dionaea), welch letztere unter allen den kompliziertesten Fang- und Verdauungsapparat zeigt, und wo die Teilung der Arbeit in der Zellengenossenschaft des Laubblattes am weitesten vorgeschritten ist.

Begreiflicherweise ist auch der Fang- und Verdauungsapparat der Dionaea derjenige, welcher schon am frühsten beobachtet und in seiner Funktion erkannt und beschrieben wurde. Um so auffallender muß es erscheinen, daß gerade in betreff der Dionaea in jüngster Zeit mehrfach die Frage aufgeworfen wurde, ob denn das Fangen und Verdauen von Insekten für diese Pflanze ein Vorteil und nicht vielmehr ein Nachteil sei. Gärtner, welche die Dionaea im Gewächshause kultivierten, machten die Beobachtung, daß jene Stöcke, von denen Insekten fern gehalten wurden, zum wenigsten ebensogut gediehen wie solche, deren Blätter mit Fleischstückchen und dergleichen belegt oder, um den üblich gewordenen Ausdruck zu gebrauchen, mit Fleisch gefüttert worden waren. Auch hatte man gefunden, daß ein Blatt nicht mehr als drei Fütterungen verträgt, ja daß manchmal schon nach einmaligem Verdauen eines Fleischstückchens das Blatt den Eindruck machte, als habe es infolge dieser Mahlzeit Schaden gelitten. Es dauert nämlich ziemlich lange, bis die Blätter, welche einen etwas größern eiweißartigen Körper verdaut haben, wieder ihre volle Reizbarkeit erlangen. Sie werden manchmal sogar welk und sterben ab. Hat man Käse auf die Dionaea gelegt, so klappt das Blatt zwar über denselben zusammen, und es wird die Lösung des Käses eingeleitet; aber ehe diese sich ganz vollzogen hat, ist das Blatt braun geworden und zu Grunde gegangen. Wenn aber nach jedesmaliger Mahlzeit die Dionaea ein Blatt einbüßen müßte, so wäre das für sie gewiß sehr unvorteilhaft.

Diesen Bedenken gegenüber ist nun vor allem zu bemerken, daß sich die Nahrungsaufnahme in der freien Natur wesentlich anders verhält als im Gewächshause. Es ist dort dafür gesorgt, daß das Dionaea-Blatt auf einmal keine zu ausgiebige Dosis eiweißartiger Substanzen erhalten kann. Insekten, welche so groß sind, daß die beiden Blatthälften nicht über sie zusammenschlagen, entschlüpfen wieder, und nur kleine werden gefangen und festgehalten. Wenn man aber von diesen die Chitinhülle und überhaupt alles, was unverdaulich ist, abrechnet, so bleibt von eiweißartigen Verbindungen eine so geringe Menge übrig, daß vergleichsweise die Fleischwürfelchen, welche bei Experimenten in den Gewächshäusern verwendet wurden, als eine ungemein opulente Mahlzeit anzusehen sind. Daß aber eine so geringe Menge stickstoffhaltiger Nahrung, wie sie aus einem kleinen gefangenen Insekte zu gewinnen ist, nicht schädlich wirkt, geht daraus hervor, daß die in der freien Natur wachsenden Dionäen vortrefflich gedeihen und jene Schwärzung der Blätter, welche im Gewächshause durch aufgelegte Stückchen Käse veranlaßt wird, nicht zeigen. Würde die Aufnahme stickstoffhaltiger Nahrung aus den gefangenen Tieren der Dionaea nachteilig sein, so wäre diese Pflanze gewiß auch längst ausgestorben. Wenn daher kultivierte Stöcke der Dionaea durch Fütterung mit Fleisch, geronnenem Eiweiß, Käse und dergleichen Schaden gelitten haben, so beweist das nur so viel, daß ihnen diese Nahrung als zu konzentriert oder auch der Qualität nach nicht zuträglich war.

Was den andern Punkt anbelangt, daß nämlich die Dionaea auch dann gut gedeiht, wenn sie von allem Insektenbesuche abgeschlossen kultiviert wird, so ist dagegen zu erinnern, daß ein gutes Gedeihen der Dionaea gerade so wie der Drosera, Pinguicula ꝛc. unter allen Umständen nur denkbar ist, wenn auf irgend eine Weise der zur Bildung des Protoplasmas unumgänglich nötige Stickstoff den betreffenden Pflanzenstöcken zugeführt wird.

Woher sie denselben nehmen, wird nach dem Standorte verschieden sein. Wurzeln sie in dem tiefen Rasen des Torfmooses in einem weiten, ebenen Moore, so wird die Zufuhr von Stickstoff sowohl aus dem Boden als auch aus der Luft eine äußerst beschränkte, ja wahrscheinlich eine ungenügende sein, und in letzterm Falle ist dann die Nahrung, welche aus den Leichen gefangener Insekten bezogen wird, nicht nur nützlich und vorteilhaft, sondern sie kann sogar notwendig sein. Sind diese Pflanzen dagegen in der Lage, an jener Stelle, wo sie spontan oder gepflanzt aufwuchsen, ihren Bedarf an Stickstoff aus dem Boden oder aus der Luft zu gewinnen, so können sie der Stickstoffquelle, welche sich ihnen aus gefangenen Insekten erschließen würde, ohne Nachteil ganz entraten. Es ist sehr beachtenswert, daß tierfangende Pflanzen im Freien immer nur an solchen Stellen wachsen, wo es mit der Stickstoffnahrung sehr schlecht bestellt ist. Die Mehrzahl findet sich in Tümpeln, welche von Grundwasser gespeist werden, das seinen Weg durch Torfschichten nimmt, oder im schwammigen Torfe selbst oder auch in dem Rasen der Torfmoose. Andre wurzeln in den tiefen Spalten des Gesteines an den Gehängen felsiger Berge und wieder andre auf dem Sande der Steppen. Das Wasser, welches an solchen Standorten durch die Saugzellen aufgenommen werden kann, ist jedenfalls sehr arm an stickstoffhaltigen Verbindungen; auch die Menge dieser Verbindungen, welche an den genannten Stellen aus dem Boden in die Luft übergeht, ist eine äußerst geringe und nichts weniger als nachhaltige. *Unter solchen Umständen aber ist dann die Gewinnung von Stickstoff aus eiweißartigen Verbindungen verendeter Tiere jedenfalls von Vorteil, und es erklären sich alle die mannigfaltigen Gruben, Fallen und Leimspindeln als Einrichtungen, durch welche dieser Vorteil ausgenutzt wird.*

---

4. Aufnahme der Nahrung durch die Schmarotzerpflanzen.

Inhalt: Einteilung der Schmarotzer. — Bakterien. Pilze. — Windende Schmarotzer. Grün belaubte Schmarotzer. Schuppenwurz. — Braunschupper, Balanophoreen und Rafflesiaceen. — Misteln und Riemenzungen. — Pfropfen, Impfen, Äugeln.

Einteilung der Schmarotzer.

Die Alten verstanden unter Parasiten oder Schmarotzern Leute, welche sich ungeladen bei den Reichen einstellten, um dort eine freie Mahlzeit zu erhalten. Für Pflanzen wurde diese Bezeichnung zum erstenmal von einem Botaniker des 18. Jahrhunderts, Namens *Micheli*, in dem Werke „De Orobanche“ (1720) gebraucht, wo unter anderm auch mancherlei „plantae secundariae aut parasiticae“ besprochen werden. *Micheli* begriff darunter Gewächse, welche lebenden Pflanzen oder Tieren organische Verbindungen entnehmen und sich die Arbeit ersparen, selbst solche Verbindungen aus Wasser, Nährsalzen und Gemengteilen der Luft zu bilden. Lange hielt man alle Übergewächse, selbst Moose und Flechten, welche auf der Borke der Bäume wachsen, ja auch viele Kletterpflanzen, für Parasiten. So wurde noch vor nicht ferner Zeit die auf den Antillen vorkommende Clusia rosea als ein förmlicher Vampir geschildert, unter dessen Umarmungen andre Pflanzen den Tod finden, und von einer ganzen Reihe weiterer Gewächse des tropischen Gebietes, so namentlich von mehreren Feigenarten, wurde behauptet, daß sie sich mit ihren Stämmen und Ästen an andre Bäume anlegen, sich ihrer eignen Rinde entäußern und infolge des Druckes, den sie ausüben, auch die Rinde des befallenen Nachbars zum Absterben bringen.

Das junge Holz der überfallenden sollte dann mit dem jungen Holze der überfallenen Pflanzen in direkte Verbindung kommen und dadurch die Möglichkeit gegeben sein, daß den letztern alle Säfte ausgesaugt werden.

Diese Angaben haben sich, wenigstens in betreff des Aussaugens, nicht bestätigt. Wenn die in der Erde wurzelnden, schon zu ansehnlichen belaubten Stöcken herangewachsenen Clusia- und Ficus-Arten mit ihren verflachenden Stämmen und Ästen sich an andre Pflanzen anlegen und diese so überkleiden, daß deren Atmungsprozeß beschränkt wird, so ist das jedenfalls eine Beeinträchtigung einer der wichtigsten Lebensfunktionen der überfallenen Pflanze und kann schließlich auch den Tod derselben veranlassen; aber die Tötung ist dann nicht durch Aussaugen der Säfte, sondern durch Erstickung herbeigeführt worden. Auch Flechten, wenn sie in dichtem Schlusse die Rinde von Bäumen überziehen, können möglicherweise die durch bestimmte Stellen der Rinde sich vollziehende Atmung beschränken und dadurch die Entwickelung des betreffenden Baumes schädigen, sind aber deswegen nicht als Schmarotzer anzusehen, sowenig wie die Fruchtkörper von Telephora-Arten, Röhrenschwämmen und andern Hutpilzen, welche rasch aus dem Boden hervorwachsen, gleich einer plastischen, teigigen Masse sich ausbreiten, alle Gegenstände, welche sich ihnen in den Weg stellen, umwallen und die umwallten lebenden Pflanzen, Grashalme, Heidelbeersträucher und dergleichen, schließlich ersticken. Auch jene Schlingpflanzen, deren holzige Stengel sich an die Stämme junger Bäume anlegen, sich wie Schlangen herumwinden, dort, wo sie aufliegen, das Dickenwachstum der stützenden Stämme beschränken und schließlich in förmlichen Rinnen der Rinde eingebettet liegen, dürfen nicht als Schmarotzer aufgefaßt werden. Derartige Schlinger, für welche als Beispiel die auf S. 149 abgebildete nordamerikanische Lonicera ciliosa aufgeführt werden kann, beschränken nur die Leitung der Bildungsstoffe, welche in den grünen Laubblättern erzeugt wurden, verhindern insbesondere, daß der Stammteil unterhalb der einschnürenden Schlingen mit diesen Stoffen versehen werde, und bedingen schließlich auch das Abdorren des ganzen zur Stütze dienenden Stammes. Man kann dann sagen, daß der befallene junge Baum von ihnen erwürgt oder erdrosselt wurde, nimmermehr aber, daß sie demselben Säfte ausgesaugt und sich diese zu eignem Verbrauche angeeignet haben. Noch viel weniger gilt das endlich von jenen zahlreichen meerbewohnenden Tangen und Florideen, welche auf den Verzweigungen der großen Sargassum-Arten aufsitzen, sowie von den unzähligen Diatomaceen, welche sowohl die im salzigen als auch die im süßen Wasser lebenden Pflanzen vielfach überziehen. In stillen Meeresbuchten ist es keine Seltenheit, auf großen Tangen kleinere Tange, auf diesen Florideen und auf diesen endlich winzige kieselschalige Diatomaceen anhaften zu sehen; ja, auch im Süßwasser, so z. B. in reißenden kalten Gebirgsbächen, findet man auf den schwarzgrünen Fäden der Lemanea kleine Räschen von Chantransia oder Batrachospermum und auf diesen wieder Diatomaceen als Überpflanzen entwickelt. Besonders auffallend ist insbesondere eine dieser Diatomaceen, welche mit Rücksicht auf die Ähnlichkeit mit einer Schildlaus den Namen Cocconeis Pediculus erhalten hat und die oft dutzendweise den grünen Algenfäden aufsitzt. Wenn man derlei Verbindungen sieht, so ist allerdings der Gedanke naheliegend, daß die Cocconeis die grünen Algenzellen aussaugt; dennoch wäre diese Annahme nicht begründet, und wenn die mit Cocconeis besetzte Alge durch ihren Besatz überhaupt einen Nachteil hat, so liegt er höchstens darin, daß sie in der Aufnahme von Nährstoffen aus dem umspülenden Wasser beschränkt und daß ihre Atmung beeinträchtigt wird.

Das Bezeichnende für die echten Schmarotzer liegt demnach weder darin, daß sie auf andern Pflanzen oder auf Tieren wachsen, noch auch darin, daß sie ihre lebendige Unterlage töten, sondern ausschließlich in dem Entnehmen von Nährstoffen aus dem angefallenen lebendigen Pflanzen- oder Tierkörper.

Die von den Schmarotzern angefallenen und ausgesaugten Pflanzen oder Tiere nennt man **Wirte**.

Mit Rücksicht auf die Nahrungsaufnahme kann man die echten Schmarotzer in **drei Gruppen** zusammenstellen. Die erste Gruppe umfaßt durchweg mikroskopische Gebilde, welche im Innern lebender Menschen und Tiere und zwar vorzüglich im Blute leben; die



Baumwürger (Lonicera ciliosa) in Südcarolina. Vgl. Text, S. 148.

zweite begreift jene Pilze, deren Mycelium befähigt ist, mit der ganzen Oberfläche der fadenförmigen Zellen oder mit kolbenförmigen Aussackungen derselben aus dem durchsetzten und überwucherten Gewebe des Wirtes Nahrung zu entnehmen, und die dritte Gruppe begreift Blütenpflanzen, deren aus dem Samen hervorgegangener Keimling mit seiner Saugwurzel oder mit einem die Rolle der Saugwurzel übernehmenden andern Teile in den Wirt eindringt, um demselben Säfte auszusaugen.

Bakterien. Pilze.

Was die Schmarotzer der ersten Gruppe anbelangt, so ist zunächst auf mehrere jener unheimlichen Gäste hinzuweisen, welche unter dem Namen Bakterien bekannt geworden sind. Sie erscheinen durchgehends einzellig, bald sphärisch, bald kurz cylindrisch, stäbchenförmig, teils geradlinig, teils bogenförmig oder schraubenförmig gekrümmt, einige ruhend, andre in lebhafter Bewegung. Die größten Formen zeigen einen Durchmesser von $^1/_{500}$, die kleinsten messen nicht über $^1/_{2000}$ mm, und sie zählen zu den kleinsten Organismen, welche bisher mit Hilfe der besten Mikroskope aufgeschlossen werden konnten. In Flüssigkeiten, deren chemische Zusammensetzung und deren Temperatur ihnen zusagt, vermehren sie sich außerordentlich rasch, und zwar erfolgt ihre Vermehrung durch Teilung. Die stäbchenförmigen Zellen strecken sich etwas in die Länge und teilen sich jede in zwei gleichgroße Hälften; jede der Hälften, wenn sie zu einer gewissen Größe herangewachsen ist, teilt sich neuerdings in zwei Hälften und so fort ins Unendliche. Der Vorgang macht den Eindruck, als ob eine fortwährende Spaltung der Zellen stattfände, und darauf gründet sich auch der Name Spaltpilze (Schizomyceten), mit welchem man diese Gebilde bezeichnet hat. Es wurde beobachtet, daß innerhalb 20 Minuten eine Bakterienzelle so weit auswächst, um sich in zwei teilen oder spalten zu können, und daraus berechnet, daß unter günstigen äußern Bedingungen aus einer einzigen Zelle binnen 8 Stunden über 16 Millionen und binnen 24 Stunden viele Milliarden solcher Zellen entstehen.

Gerade durch die Fähigkeit, sich so rasch zu vermehren, haben die Bakterien als Schmarotzer eine so große Bedeutung; denn die Vermehrung kann doch immer nur auf Kosten der Flüssigkeit und überhaupt des Nährbodens stattfinden, in welchem sie leben. Wenn dieser Nährboden die Stoffe zum Aufbaue der Milliarden von Zellen hergeben muß, die innerhalb zweimal 24 Stunden entstehen, so ist eine tiefgreifende Veränderung unvermeidlich. Nun ist aber für gewisse Bakterien das Blut mit seinen eiweißartigen Verbindungen und seinen Kohlenhydraten ein äußerst günstiger Nährboden; auch die Temperatur, welche dem Blute des Menschen und jenem der Säugetiere zukommt (35—37°), könnte für die Entwickelung der Bakterien nicht günstiger sein, und so wird es begreiflich, daß eine einzige in das Blut gelangte schmarotzende Bakterienzelle der Ausgangspunkt für eine Unzahl gleicher Zellen sein kann, welche in verhältnismäßig kurzer Zeit die ganze Blutmasse zu verändern und zu zersetzen im stande sind. Bei ihrer außerordentlichen Kleinheit können die Bakterien an zahlreichen Stellen in die Strombahn des Blutes von außen her eindringen, jede verletzte Stelle, jeder Nadelstich, jede Wundfläche kann zur Einfallspforte werden, auch durch alle Mündungen von Kanälen menschlicher und tierischer Körper, vor allem auch durch die Mündungen der Atmungsorgane können die Bakterien einwandern, und es gewinnt immer mehr an Wahrscheinlichkeit, daß ganz vorzüglich beim Atmen die durch Luftströmungen verbreiteten Bakterien in die Respirationsorgane kommen, dort in die feinsten Blutgefäße, die sogenannten Kapillaren, eindringen und so in den Blutkreislauf gelangen.

Was die parasitische Thätigkeit der ins Innere des menschlichen und tierischen Körpers eingedrungenen Bakterien anbelangt, so nimmt man an, daß das Protoplasma jedes Bakteriums auf die Umgebung als Ferment wirkt, daß es die chemischen Verbindungen in der nächsten Umgebung spaltet und diejenigen Produkte der Spaltung anzieht und in seinen Leib aufnimmt, welche es bei seinem Wachstume verbraucht. Die in solcher Weise thätigen Parasiten wirken jedenfalls bei weitem verheerender als diejenigen, welche dem Wirte zwar auch einen Teil seiner Säfte aussaugen und diese zum Ausbaue und zur Vergrößerung des eignen Leibes verwenden, die dabei unvermeidlichen Spaltungen aber erst vornehmen, nachdem die Säfte des Wirtes in die Leibeshöhle des Schmarotzers gelangt sind

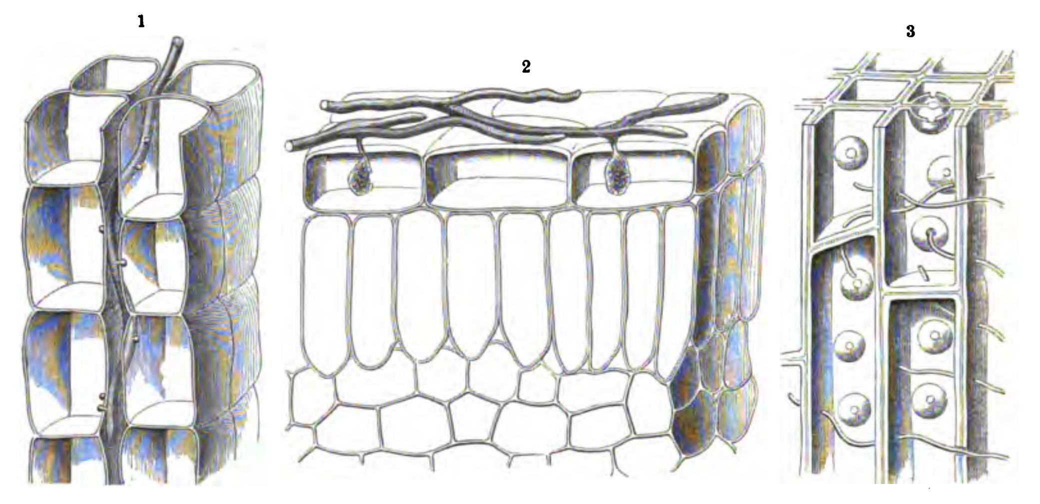
und den zurückbleibenden, nicht aufgesaugten Teil in seiner Zusammensetzung nicht verändern. Zumal dann, wenn Bestandteile des Blutes durch die Bakterien gespalten und zersetzt werden, muß dadurch die Ernährung des Wirtes, es müssen die Funktionen der von dem Blute fortwährend durchströmten Organe desselben gestört werden. Schließlich kann es dahin kommen, daß diese Organe ihre Funktionen einstellen, und daß der Wirt zu Grunde geht. Wenn man sich erinnert, wie rasch durch die Thätigkeit des Herzens das Blut in alle Teile des Körpers gepumpt wird, so wird es auch begreiflich, daß durch Bakterien, denen die Fähigkeit zukommt, das Blut in kürzester Zeit zu zersetzen, auch der Tod des Wirtes in kürzester Frist erfolgen kann, wie wir es bei Cholera-Epidemien schaudernd zu beobachten Gelegenheit haben.

Daß zahlreiche Erkrankungen des Menschen und der Tiere durch Bakterien veranlaßt werden, ist nachgerade außer Frage gestellt; ja, es bricht sich allmählich die Überzeugung Bahn, daß alle ansteckenden Krankheiten durch Bakterien bedingt sind, und daß der ansteckende Stoff, den man Kontagium und Miasma nannte, von dessen Wesenheit man früher aber nur ganz unklare Vorstellungen hatte, aus schmarotzenden Bakterien besteht. Verschiedene Erscheinungen an den durch Infektion erkrankten Organismen lassen auch auf eine Verschiedenheit der durch die schmarotzenden Bakterien veranlaßten Zersetzungen schließen. Durch eine bestimmte Art schmarotzender Zellen kann aber in der gleichen Flüssigkeit immer nur dieselbe Zersetzung eingeleitet werden. Wenn daher die Spaltungs- oder Zersetzungsprodukte in einer und derselben Flüssigkeit sich anders darstellen, so kann das wohl nur auf eine Verschiedenheit in dem Anstoße zur Spaltung, beziehentlich auf eine Verschiedenheit der schmarotzenden Zellen zurückgeführt werden; mit andern Worten, man ist berechtigt, anzunehmen, daß jede eigenartige Infektionskrankheit auch durch eine eigne Art der schmarotzenden Bakterien veranlaßt wird. Zu dieser Annahme glaubt man sich auch dann berechtigt, wenn in der Gestalt der schmarotzenden Bakterien keine dem Auge wahrnehmbare und durch die Untersuchungsbehelfe nachweisbare Verschiedenheit zu finden sein sollte.

Die Mehrzahl der schmarotzenden Bakterien, welche man als die Erreger von Krankheiten an Mensch und Tier ansieht, ist übrigens sehr deutlich schon durch die Form ihrer Zellen voneinander zu unterscheiden. So stellt sich die Bakterie, welche als die Ursache der Diphtheritis angesehen wird (Micrococcus diphthericus), in Gestalt sphärischer, zu dichten Massen gehäufter, winziger Zellen, die Bakterie, welche den Milzbrand der Rinder veranlaßt (Bacterium Anthracis), als gerade, stäbchenförmige, unbewegliche Zelle dar; beim Rückfalltyphus findet man während des Fieberanfalles im Blute des infizierten Menschen fadenförmige, schraubig gedrehte, unendlich zarte und sich lebhaft bewegende Gebilde (Spirochaete Obermeieri) und im Darme der an Cholera Erkrankten die so vielbesprochenen Kommabacillen, welche gleichfalls mit den genannten Krankheiten in ursächlichen Zusammenhang gebracht werden. Die Beantwortung der Frage, ob schmarotzende Bakterien sich auch in toten Körpern entwickeln und vermehren, also zu Verwesungspflanzen werden können, sowie überhaupt eine eingehende Schilderung dieser für das Wohl und Wehe der menschlichen Gesellschaft so wichtigen Gebilde sind einem spätern Abschnitte vorbehalten.

Die zweite oben unterschiedene Gruppe der schmarotzenden Pflanzen umfaßt mehrere Tausend verschiedener Schimmel-, Hut- und Scheibenpilze, die trotz der Mannigfaltigkeit ihrer Lebensbedingungen, trotz der Verschiedenheit ihrer Entwickelungsgeschichte und trotz der unendlichen Vielgestaltigkeit ihrer Fruchtkörper doch in betreff ihrer Nahrungsaufnahme sowie in der Art, wie sie ihre Wirte anfallen und aussaugen, miteinander große Übereinstimmung zeigen. Wo immer durch Luftströmungen herbeigeführte Sporen strandeten, oder wo Sporen, von Tieren abgestreift, hängen geblieben sind, keimen sie unter dem Einflusse der aus der Atmosphäre zugeführten Feuchtigkeit. Es treten aus ihnen

schlauchförmige dünnwandige Zellen hervor, die man Hyphen genannt hat, und diese suchen in die Stämme, Zweige, Blätter und Früchte des Wirtes hineinzuwachsen, bald von der Seite her horizontal, bald von obenher erdwärts, bald in entgegengesetzter Richtung aufwärts. Manche suchen jene Punkte auf, wo sich ihnen kein oder doch nur ein sehr schwacher Widerstand darbietet, tasten so lange an der Oberfläche der Wirtpflanzen herum, bis sie eine Spaltöffnung gefunden haben, benutzen diese als Eingangsthür und gelangen so in jene Gänge und Kanäle hinein, als deren Mündungen die Spaltöffnungen zu gelten haben. Andre wieder suchen Stellen auf, wo die Oberfläche der Wirtpflanze leck geworden ist, wo durch Angriffe der Tiere, durch Windbruch, Hagelschlag und Schneedruck Wunden entstanden sind, welche als Einfallsthor benutzt werden können. Wieder andre schlagen den kürzesten Weg ein, stoßen sozusagen die Wand durch und bilden sich selbst das Einfallsthor. Die Spitzen der Hyphen sowie auch die Aussackungen, welche die Hyphen bil-



Hyphen schmarotzender Pilze: 1. von einer Peronosporee — 2. von einem Meltaue — 3. von einem Röhrenschwamme. Vgl. Text, S. 153 und 154.

den, haben die Fähigkeit, die Haut der Zellen an der lebendigen Wirtpflanze zu zersetzen und zu zerstören. Dort, wo sie sich anlegen, entsteht nach kurzer Zeit ein Löchelchen in der Zellhaut, und durch dieses dringt dann die Hyphe entweder ganz oder mit eignen Fortsätzen in den Innenraum der angefallenen Zelle ein. Es ist dabei gleichgültig, ob die Hyphe eben erst aus einer keimenden Spore hervorgewachsen oder ob sie die Ausästung eines schon mehrere Jahre alten, zeitweilig in Ruhe versetzten, aber dann wieder energisch aussprossenden Mycels ist; die Fähigkeit, die Zellwände zu durchlöchern, kommt der einen gerade so wie der andern zu.

Nicht ganz so gleichgültig ist es dagegen, wie an jenen Stellen, wo die Hyphe mit dem Wirte in Berührung kommt, die Oberhautzellen des Wirtes aussehen. Es fehlt nämlich auch nicht an Einrichtungen, durch welche die Wirtpflanzen gegen die Eindringlinge geschützt werden. So sind die Oberhautzellen an ihrer Außenwand stark verdickt und mit jenem Häutchen überzogen, welches den Namen Cuticula führt. Ist damit in erster Linie auch nur ein Schutz gegen eine zu weit gehende Verdunstung und Vertrocknung der saftreichen Zellen gegeben, so bildet eine derartige Verdickung anderseits auch einen Panzer, welcher nicht von jeder Hyphe durchbrochen werden kann. Noch mehr sichert eine doppelte oder dreifache Lage von dickwandigen, saftlosen Zellen, eine feste Rinde mit Kork oder eine tote, trockne, dicke Borke. Solche Panzer werden selbst durch die kräftigsten Hyphen nicht durchlöchert. Um sich dennoch Eingang zu verschaffen, zwängen sich manche Hyphen mit

ihrer kegelförmigen Spitze in die Risse und Sprünge der Rinde ein, drängen die Schilder und Schuppen auseinander, sprengen sie auch geradezu ab, und so gelingt es ihnen endlich, Stellen zu erreichen, wo sie anbohren und ihre Minierarbeit mit Erfolg ausführen können. In der Mehrzahl der Fälle begnügt sich der Schmarotzer nicht damit, nur die oberflächlichen Zellen des Wirtes anzubohren und auszusaugen; seine Hyphen wachsen vielmehr rasch immer weiter und weiter einwärts, häufig ohne Rücksicht auf die Zahl und Richtung der sich ihnen entgegenstellenden Scheidewände. So durchlöchern z. B. die Hyphen der im Holze lebender Bäume schmarotzenden Röhrenschwämme (Polyporeen) ganze Reihen von Zellen, hier durch ein gehöftes Tüpfel hindurchwachsend, dort den gleichmäßig verdickten Teil der Wandung einer Holzzelle durchbohrend (s. Abbildung, S. 152, Fig. 3). Andre wieder, wie z. B. die Peronosporeen, ziehen es vor, sich in die Räume zwischen den einzelnen Zellen, in die sogenannten Intercellulargänge, einzubetten. Die eingebetteten Hyphen bilden dann seitliche Aussackungen, welche die Wandungen der an den Intercellulargang angrenzenden Zellen durchlöchern und, wenn sie in den Innenraum dieser Zellen eingedrungen sind, dort kolbenförmig anschwellen (s. Abbildung, S. 152, Fig. 1). Mit diesen kolbenförmigen oder fast kugeligen Aussackungen, welche den Namen Haustorien führen, saugt dann der Schmarotzer aus dem lebendigen Leibe der durchlöcherten Zellen die ihm nötigen Stoffe.

Die Hyphen der eben erwähnten schmarotzenden Pilze haben das Eigentümliche, daß in dem Maße, wie sich das eine Ende derselben wachsend verlängert, das gegenüberliegende Ende abstirbt. Dadurch wird der Eindruck hervorgebracht, daß diese Hyphen sich wie Bohrwürmer fortbewegen. Dieser Eindruck wird insbesondere dann veranlaßt, wenn in der einen Abteilung des überfallenen Holzkörpers die Hyphen gerade bei ihrer Minierarbeit beschäftigt und durch die Scheidewände durchgewachsen angetroffen werden, während die andre Abteilung, in welcher die Hyphen früher thätig waren, zwar zahlreiche Bohrlöcher, aber keine Spur der Hyphen mehr zeigt. Den Wirtpflanzen, welche von solchen schmarotzenden, im Innern wuchernden Pilzmycelien befallen wurden, sieht man das äußerlich oft gar nicht an. Mitunter bleiben sie in ihrer Entwickelung etwas zurück, aber das könnte ebensogut durch andre Ursachen, etwa durch einen ungünstigen Standort, veranlaßt sein. Erst dann, wenn die Mycelien wieder das Bedürfnis haben, sich fortzupflanzen, zu vermehren und zu verbreiten, kommen sie aus dem Wirte teilweise heraus, wachsen mit ihren sporenbildenden Hyphen über die Oberfläche empor und überlassen es den Winden, die abgegliederten Sporen zu verbreiten.

Es erinnert dieser Vorgang lebhaft an ähnliche Verhältnisse bei den Wasserpflanzen, welche auch monatelang untergetaucht vegetieren und nur zur Zeit des Blühens und Fruchtens an die Oberfläche kommen, um ihre Blumen den Insekten und ihre Samen den Luftströmungen auszusetzen, ebenso an jene zu den Verwesungspflanzen gehörenden früher besprochenen Orchideen (vgl. S. 103), welche, unterirdisch im Moder des Waldbodens eingelagert, Jahre hindurch sich ernähren und vergrößern und dann, einen günstigen Sommer erhaschend, auf wenige Wochen mit blütentragenden Stengeln über den Waldgrund emporschießen. In der Regel sind die aus den Wirtpflanzen vorgeschobenen Sporenträger der schmarotzenden Pilze durch ihre Farbe sowohl als durch ihre Form recht auffallend. Als bekannte Beispiele wären hier jene pulverigen, rostfarbigen, schokoladebraunen oder kohlschwarzen Sporenhäufchen zu erwähnen, welche unter den Namen Getreiderost und Getreidebrand bekannt sind, weiterhin die mehligen, orangegelben Massen, welche an den grünen Stengeln und Früchten der Rosen zum Vorscheine kommen (Äcidium des **Phragmidium subcorticium**), der in den Ästen grünender Lärchenbäume schmarotzende Scheibenpilz **Peziza Willkommii**, dessen Fruchtkörper in Gestalt kleiner, scharlachroter Schüsselchen über der Rinde erscheinen, weiterhin der gelbe Löcherschwamm (**Polyporus sulfureus**), dessen dottergelbe,

kolossale, flache Hüte binnen einer Woche aus Lärchenstämmen hervorwachsen, denen man von außen unmöglich ansehen konnte, daß sie im Innern von einem Mycel ganz durchsetzt waren, dann die gleichfalls zu bedeutender Größe heranwachsenden Polyporus betulinus und fomentarius, von welchen beiden noch besonders hervorgehoben zu werden verdient, daß die Farbe und Struktur der Oberfläche des Fruchtkörpers oder Hutes in überraschender Weise mit der Borke des Baumes, auf dem sie schmarotzen, übereinstimmen, so zwar, daß der Hut des Birkenschwammes (Polyporus betulinus) völlig der weißlichen Borke der Birke gleicht und der Hut des auf alten Buchenbäumen schmarotzenden Polyporus fomentarius ganz das matte Grau der Buchenstämme zeigt.

In einem gewissen Gegensatze zu diesen mit ihren Hyphen im Innern der Wirtpflanzen ihr Wesen treibenden Schmarotzern stehen die Meltaupilze. Dieselben befallen die grünenden Blätter, Stengel und jungen Früchte und machen auf den Oberhautzellen der Wirtpflanzen ihre ganze Entwickelung durch. Bei flüchtiger Betrachtung erscheinen die befallenen Teile wie mit feinem Mehle oder mit Straßenstaub bestreut. Sieht man näher zu, so erkennt man ein zartes Gespinst aus Fäden, die sich auf der grünen Unterlage vielfach verzweigen, kreuzen, netzförmig verbinden, stellenweise auch förmlich verfilzen und an einzelnen Punkten mit den dunkeln Kügelchen der Sporenfrüchte besetzt sind. Einzelne Hyphen dieses Gespinstes lagern sich den Oberhautzellen der Wirtpflanze dicht an, lösen die äußere Wand dieser Zellen an der berührten Stelle auf, so daß ein Löchelchen entsteht, und bilden dann eine Ausstülpung, welche durch das Löchelchen in den Innenraum der befallenen Oberhautzelle hineinwächst, dort eine kolbenförmige Gestalt annimmt und den Inhalt der Zellen aussaugt. Tiefer als in die Oberhautzellen dringen die Mycelien der Meltaupilze nicht in die Wirtpflanze ein. Die Abbildung auf S. 152, Fig. 2, zeigt ein vom Meltaue befallenes Blattstück des Acanthus mollis, in dessen Oberhautzellen die Hyphen Saugkolben hineingetrieben haben. Zu den bekanntesten Meltaupilzen zählt der Traubenschimmel (Erysiphe Tuckeri), welcher sich über die Oberhaut der noch unreifen grünen Beeren des Weinstockes spinnt und der wiederholt als verheerende Krankheit durch die weinbautreibenden Gegenden des südlichen und mittlern Europa seinen Umzug gehalten hat.

Die kolbenförmig angeschwollenen, seltener schlauchförmig gewundenen Ausstülpungen, welche die Hyphen in die Zellen der Wirtpflanzen hineintreiben, sind den Saugzellen der Erdpflanzen zu vergleichen, und der Hauptsache nach sind wohl auch die Bedingungen, unter welchen die Saugung stattfindet, analoge. So wie die Saugzellen an den Wurzeln der Erdpflanzen nicht alle in ihrem Nährboden enthaltenen Stoffe aufnehmen, ebenso eignen sich auch die Hyphen nur einen Teil des Inhaltes der angebohrten Zellen mittels ihrer Saugkolben an. Zunächst lösen, spalten und zersetzen sie zu diesem Zwecke die Stoffe in den angefallenen Zellen des Wirtes. Welche Verbindungen sie dann aus den Produkten der Zersetzung auswählen und welche sie zurücklassen, kann freilich nicht näher angegeben werden. In manchen Fällen glaubt man annehmen zu können, daß es Gerbstoffe sind, welche der Schmarotzer zu allererst sich aneignet. Gesundes Eichenholz hat nämlich einen ganz eigentümlichen, durch den reichen Gerbstoffgehalt bedingten Geruch; das von Pilzmycelien befallene Holz hat ihn nicht, und es fehlt diesem zersetzten Holze der Gerbstoff; da liegt es nahe, anzunehmen, daß das Mycelium diesen Gerbstoff entnommen und verbraucht hat. Es ist auch beobachtet worden, daß überall dort, wo die Hyphen des Kiefernblasenrostes (Peridermium Pini) sich eingenistet hatten, die stickstoffhaltigen Teile des Protoplasmas und das Stärkemehl verschwanden, dagegen an ihrer Stelle Terpentinöl zurückblieb, das in Tropfenform der Innenwand der Zellen anhaftete. Das sind nun freilich sehr spärliche Anhaltspunkte; sie zeigen jedoch, daß nicht der ganze Zellinhalt unverändert von dem Schmarotzer aufgesaugt und als Baumaterial für den eignen Leib verwendet wird.

Durch die in den Holzstamm der Laub- und Nadelhölzer eindringenden Hyphen wird übrigens nicht nur der Inhalt, sondern es werden auch die Wandungen der Zellen angegriffen und teilweise als Nahrung verwendet. Das Mycelium mehrerer Polyporus- und Trametes-Arten bringt zunächst den in den Zellwänden abgelagerten Holzstoff in Lösung, so daß nur noch eine Zellstoffwand von bleicher Farbe zurückbleibt; gleich darauf wird aber auch noch die sogenannte Mittellamelle, welche die benachbarten Holzzellen verbindet, aufgelöst, und die gebleichten Holzzellen, welche jetzt fast das Ansehen von Asbestfasern haben, fallen bei leisester Berührung auseinander. Wenn das Holz der Lärche von dem Mycelium des gelben Löcherschwammes (Polyporus sulfureus) durchwuchert war, so finden sich an der Innenwand der Holzzellen immer tiefe, schräg verlaufende Furchen, und auch dieser Substanzverlust kann wohl nur dadurch entstanden sein, daß durch den Einfluß der Hyphen Teile der Holzzellenwand aufgelöst und dann als Nahrung aufgenommen wurden.

Alle derartigen Zersetzungen und Veränderungen der Struktur im Bereiche der Zellen des Wirtes haben natürlich eine Störung der Funktion und ein schließliches Absterben des befallenen Teiles im Gefolge. Nur selten wird aber durch die Schmarotzer dieser Gruppe die ganze Wirtpflanze getötet. Wenn durch Bakterien das Blut eines Säugetieres zunächst auch nur an einer beschränkten Stelle des Körpers zersetzt wird, so verbreitet sich doch diese Zersetzung in kürzester Zeit durch Vermittelung des Herzens und durch den Blutkreislauf über den ganzen Körper. Die Zersetzung dagegen, welche durch die Hyphen in der oben geschilderten Weise stattfindet, pflanzt sich nur sehr allmählich von den unmittelbar angegriffenen Zellen auf die Nachbarn fort und schwächt sich mehr und mehr ab, je größer der Abstand von der Stelle des Angriffes ist, ein Umstand, auf welchen später bei Besprechung der Gärung und Vermoderung nochmals zurückzukommen sein wird. Allerdings beeinflussen auch noch die Eigenart des Schmarotzers sowie die Widerstandsfähigkeit des Wirtes die Schnelligkeit der Ausbreitung. In manchen Fällen werden neben denjenigen Zellen, auf welche sich der Angriff des Schmarotzers direkt gerichtet hat, höchstens noch die unmittelbar angrenzenden Zellen verändert, und der Herd der Zerstörung ist dann ein sehr beschränkter; er stellt sich an den frischen grünen Blättern oft nur in Gestalt vereinzelter kleiner, gelber, brauner oder schwarzer Punkte und Flecke dar, welche aber das Blatt in seiner Thätigkeit nur wenig beirren und nicht einmal ein früheres Vergilben, Welken und Abfallen desselben veranlassen. In andern Fällen werden dagegen allerdings die ganzen Blätter und Stengel schlaff, schrumpfen ein, vertrocknen zu einer schwarzen Masse und sehen aus, als ob man sie verkohlt hätte, oder aber es tritt auch eine Fäulnis der ganzen Masse ein, ganz ähnlich derjenigen, welche durch Bakterien angeregt wird.

Das Holz der Baumstämme, welches von den Hyphen durchlöchert und angefressen wird, zerfällt in der oben angegebenen Weise, wird morsch, gestaltet sich zu einer asbestartigen oder krümeligen und pulverigen Masse und ist dann selbstverständlich nicht mehr im stande, seinen verschiedenen Aufgaben in der lebenden Pflanze nachzukommen. Ist die Infektion nur eine beschränkte, und bringt es die Wirtpflanze zu stande, den Infektionsherd mit einem Walle von widerstandsfähigen Zellen zu umgeben, welche von den Hyphen nicht durchbohrt werden können, dann vermag der Baum, dessen Stamm ergriffen und stellenweise morsch geworden ist, trotzdem noch jahrelang fortzuleben. Ähnlich verhält es sich auch, wenn nur einzelne Äste eines Baumes von dem Mycelium eines Pilzes ergriffen wurden. Wenn z. B. der Ast eines Lärchenbaumes von dem Mycelium des Scheibenpilzes Peziza Willkommii befallen wird, so gibt sich das äußerlich zunächst dadurch kund, daß die Nadelbüschel an diesem Aste schon im Sommer erblassen und ein herbstliches Ansehen bekommen; man sieht dann einzelne Äste mit goldgelben Nadeln zwischen den frischgrünen eingeschaltet. Gegen den Herbst zu kommen die scharlachroten, becherförmigen Fruchtkörper über der Astrinde zum Vorscheine,

Der Stengel wird an kräftigen Exemplaren nahezu eine Spanne hoch und trägt oben an den spärlichen kurzen Verzweigungen 2—3 cm große Blüten. Die Blätter, welche reichlich vorhanden sind und insbesondere um die Basis des Stengels gehäuft herumstehen, erscheinen lineal, gegen die fadenförmige Spitze zu sehr allmählich verschmälert, auf der obern Seite etwas rinnenförmig vertieft. Mit Ausnahme dieser Rinnen sind die Blätter ganz und gar mit in der Sonne schimmernden, an Tautropfen erinnernden Perlen besetzt, welchem Umstande diese Pflanze den Namen Taublatt (Drosophyllum) verdankt. Die glänzenden Tropfen sind das Sekret von Drüsen, welche in ihrer Gestalt zum Teile an die langgestielten Drüsen des Fettkrautes (Pinguicula), zum Teile an jene des Sonnentaues (Drosera) erinnern. Mit letztern stimmen sie darin überein, daß sie rot gefärbt sind, daß der stielartige Träger der Drüse Gefäße und die Drüsen selbst längliche Zellen enthalten, deren Innenwände durch schraubig verlaufende feine Leisten verdickt sind, und ferner dadurch, daß das Sekret als eine tropfenartige, farblose Hülle die Drüse umgibt. Den Drüsen des Fettkrautes aber ähneln sie insbesondere in der Form, welche ganz die von kleinen Hutpilzen ist.

Außer diesen mit freiem Auge deutlich erkennbaren Drüsen, welche von ungleich langen Stielen getragen werden, finden sich auch noch sehr kleine, stiellose, sitzende Drüsen, welche farblos sind und die sich von den gestielten insbesondere auch dadurch unterscheiden, daß sie nur dann eine saure Flüssigkeit ausscheiden, wenn sie mit einem stickstoffhaltigen tierischen Körper in Berührung kommen, während das tropfenartige Sekret an den gestielten Drüsen auch ohne eine solche Berührung sezerniert wird. Dieses Sekret ist sauer und ungemein klebrig. Sehr eigentümlich ist, daß es zwar den Körpern, die von außen her in Berührung gelangen, sofort anhängt, aber sich sehr leicht von der Drüse selbst ablöst. Kommt ein Insekt auf das Taublatt angeflogen, so verkleben augenblicklich Beine, Hinterleib und Flügel mit dem berührten Tropfen; das Insekt wird aber von der Drüse, welche diesen Tropfen abgesondert hatte, nicht festgehalten, sondern kann sich weiterbewegen und zieht dadurch den Tropfen von der Drüse ab. Bei seinen Bewegungen kommt es noch mit weitern Tropfen in Berührung; auch diese trennen sich von ihren Drüsen, und so ist das Insekt in kürzester Zeit mit den Sekreten zahlreicher Drüsen beklebt, behängt, besudelt und umflossen, vermag nicht mehr weiter vorwärts zu kriechen, erstickt, sinkt zu den tiefer stehenden stiellosen Drüsen der Blattfläche hinab, und es wird nun durch Vermittelung der Ausscheidungen der Drüsen alles, was löslich ist, aus dem Leichname aufgelöst und aufgesaugt.

Die ihres tropfenförmigen Sekretes beraubten Drüsen ersetzen dasselbe ungemein rasch. Überhaupt ist die Menge der flüssigen sauren Ausscheidung eine sehr reichliche, und so darf es nicht überraschen, wenn man das Taublatt gleichzeitig mit den Resten ausgesaugter, mit den Leibern eingeschleimter, verendeter und mit den noch zappelnden Körpern eben angeflogener und angeklebter Insekten besetzt findet. Die Zahl der Tiere, welche an den Blättern eines einzigen Stockes hängen bleibt, ist sehr groß, und selbst demjenigen, der sich nicht weiter um die Pflanzenwelt kümmert, fällt es auf, wenn er ein Gewächs sieht, dessen Blätter wie Leimspindeln mit zahlreichen angeklebten Insekten besetzt sind. In der Gegend von Oporto, wo das Taublatt häufig wächst, benutzen die Bauern diese Pflanze auch ähnlich wie Leimspindeln; sie hängen sie in ihren Stuben auf, wonach zahlreiche der lästigen Fliegen an denselben kleben bleiben und ihren Tod finden.

Ähnlich wie das Taublatt, wenn auch weniger auffallend, vermögen noch zahlreiche andre Pflanzen einen Zuschuß stickstoffhaltiger Nahrung aus angeklebten Tieren durch Vermittelung der den Blättern aufsitzenden sezernierenden und resorbierenden Drüsen zu gewinnen, so namentlich zahlreiche Primeln, Steinbreche und Hauswurzarten, welche in Spalten und Ritzen der Felsen wurzeln (z. B. Primula viscosa, villosa, hirsuta, Saxifraga luteo-viridis, bulbifera, tridactylites, Sempervivum montanum), dann Nelken- und

Kaperngewächse, welche im Sande der Steppen wachsen (z. B. Saponaria viscosa, Silene viscosa, Cleome ornithopodioides, Bouchea coluteoides), endlich noch eine Reihe von Pflanzen, welche in Torfsümpfen und auf tiefem Humusboden gedeihen, wie Sedum villosum, Roridula dentata, Byblis gigantea und noch viele andre.

Es wäre aber irrtümlich, zu glauben, daß überall dort, wo klebrige Überzüge an Blättern und Stengeln vorkommen, notwendig auch eine Lösung und Verdauung der an diesen klebrigen Teilen hängen gebliebenen Insekten und andrer Tiere stattfinde. Vielfach sind derlei den Leimspindeln vergleichbare Gebilde Schutzmittel der honigführenden Blüten gegen unwillkommene Gäste aus der Insektenwelt, wie später in ausführlicher Weise auseinandergesetzt werden wird. Manchmal mögen allerdings den Drüsen, welche klebriges Sekret ausscheiden, zweierlei Funktionen zukommen, d. h. sie mögen einerseits den Zugang zum Honig unberufenen Tieren verwehren, anderseits aber aus jenen Insekten, welche, getrieben von übermäßiger Begierde, den gefährlichen Weg zu den Honigbehältern betreten hatten, dort kleben blieben und verendeten, Nutzen ziehen, indem sie durch Vermittelung des Sekretes deren Fleisch und Blut lösen und aufsaugen.

Viele Pflanzen tragen an der Oberhaut ihrer Blätter Gebilde, welche der Form nach mit den Drüsen der Tierfänger übereinstimmen, aber weder spontan noch gereizt Sekrete ausscheiden. Dagegen kommt diesen Gebilden die Fähigkeit zu, Wasser aufzusaugen, und sie sind in dieser Beziehung für die betreffenden Pflanzen von größter Wichtigkeit. Wenn auch die eingehendere Besprechung derselben erst später bei Gelegenheit der Behandlung der Wasseraufnahme durch oberirdische Organe an die Reihe kommt, so ist es doch angezeigt, schon hier darauf hinzuweisen, daß durch die erwähnten Saugorgane wohl nur sehr selten chemisch reines Wasser in die Pflanze gelangt. Fast immer wird Salpetersäure und unter Umständen auch Ammoniak mit dem atmosphärischen Wasser in die Pflanze eingeführt (vgl. auch S. 60). Ist der Betrag an Stickstoff, der auf diese Weise in die Pflanze kommt, auch sehr gering, so ist derselbe doch nicht zu unterschätzen, am wenigsten für Pflanzen, welche mittels ihrer Wurzeln aus dem Boden nur wenig stickstoffhaltige Verbindungen zu erlangen im stande sind. Da ist es nun im vorhinein sehr wahrscheinlich, daß solche Pflanzen auch andre Stickstoffverbindungen, welche ihren oberirdischen Blättern mit dem atmosphärischen Wasser zugeführt werden, nicht verschmähen. Die Laubblätter vieler Pflanzen zeigen Einrichtungen, welche in eignen Vertiefungen das Regenwasser oft ziemlich lange zurückhalten. In diese Vertiefungen werden aber sehr regelmäßig Staubteilchen, kleine tote Tiere, Blütenstaubzellen und dergleichen durch den Wind herbeigeweht; auch das aus der Blütenregion an dem Stengel herabrieselnde Regenwasser bringt von oben die verschiedensten Dinge mit und schwemmt sie in diese Wasserbehälter der Laubblätter hinein. Mitunter verunglücken auch einzelne Tiere in diesen Wasserbehältern durch Ertrinken. Thatsache ist, daß das Wasser in den Vertiefungen der Blätter des schildförmigen Steinbrechs und der Bromeliaceen, in den blasig aufgetriebenen Blattscheiden der Bärenklauarten und andrer großer Doldenpflanzen sowie in den Bechern, welche durch Verwachsung gegenüberstehender Blätter bei manchen Gentianeen, Kompositen und Kardendisteln entstehen, immer bräunlich gefärbt ist und stickstoffhaltige Verbindungen gelöst enthält, welche aus den zersetzten, in diese Wasserbehälter gelangten toten Tieren hervorgegangen sind.

Finden sich im Grunde der erwähnten Wasserbehälter Saugorgane, so wird durch diese ohne weiteres nicht nur Wasser, sondern es werden auch die in demselben gelösten stickstoffhaltigen Verbindungen resorbiert. Solche Vertiefungen im Bereiche der Laubblätter sind dann von denjenigen, welche an den Sarracenien vorkommen und die oben besprochen wurden, nur darin verschieden, daß ihnen Einrichtungen fehlen, durch welche Tiere in die Falle gelockt werden, und durch welche diesen unmöglich gemacht ist, aus der Falle wieder

zu entkommen. Es läßt sich aber nicht in Abrede stellen, daß durch derlei Formen ein allmählicher Übergang von denjenigen Pflanzen, welche mittels ihrer Laubblätter fast reines Wasser aufnehmen, zu den Tierfängern hergestellt erscheint. Aber auch an diesen letztern findet man wieder eine ganze Stufenleiter der Einrichtungen von dem Taublatte und den Primeln mit sezernierenden, blattständigen Drüsen bis zur Fliegenfalle (Dionaea), welch letztere unter allen den kompliziertesten Fang- und Verdauungsapparat zeigt, und wo die Teilung der Arbeit in der Zellengenossenschaft des Laubblattes am weitesten vorgeschritten ist.

Begreiflicherweise ist auch der Fang- und Verdauungsapparat der Dionaea derjenige, welcher schon am frühsten beobachtet und in seiner Funktion erkannt und beschrieben wurde. Um so auffallender muß es erscheinen, daß gerade in betreff der Dionaea in jüngster Zeit mehrfach die Frage aufgeworfen wurde, ob denn das Fangen und Verdauen von Insekten für diese Pflanze ein Vorteil und nicht vielmehr ein Nachteil sei. Gärtner, welche die Dionaea im Gewächshause kultivierten, machten die Beobachtung, daß jene Stöcke, von denen Insekten fern gehalten wurden, zum wenigsten ebensogut gediehen wie solche, deren Blätter mit Fleischstückchen und dergleichen belegt oder, um den üblich gewordenen Ausdruck zu gebrauchen, mit Fleisch gefüttert worden waren. Auch hatte man gefunden, daß ein Blatt nicht mehr als drei Fütterungen verträgt, ja daß manchmal schon nach einmaligem Verdauen eines Fleischstückchens das Blatt den Eindruck machte, als habe es infolge dieser Mahlzeit Schaden gelitten. Es dauert nämlich ziemlich lange, bis die Blätter, welche einen etwas größern eiweißartigen Körper verdaut haben, wieder ihre volle Reizbarkeit erlangen. Sie werden manchmal sogar welk und sterben ab. Hat man Käse auf die Dionaea gelegt, so klappt das Blatt zwar über denselben zusammen, und es wird die Lösung des Käses eingeleitet; aber ehe diese sich ganz vollzogen hat, ist das Blatt braun geworden und zu Grunde gegangen. Wenn aber nach jedesmaliger Mahlzeit die Dionaea ein Blatt einbüßen müßte, so wäre das für sie gewiß sehr unvorteilhaft.

Diesen Bedenken gegenüber ist nun vor allem zu bemerken, daß sich die Nahrungsaufnahme in der freien Natur wesentlich anders verhält als im Gewächshause. Es ist dort dafür gesorgt, daß das Dionaea-Blatt auf einmal keine zu ausgiebige Dosis eiweißartiger Substanzen erhalten kann. Insekten, welche so groß sind, daß die beiden Blatthälften nicht über sie zusammenschlagen, entschlüpfen wieder, und nur kleine werden gefangen und festgehalten. Wenn man aber von diesen die Chitinhülle und überhaupt alles, was unverdaulich ist, abrechnet, so bleibt von eiweißartigen Verbindungen eine so geringe Menge übrig, daß vergleichsweise die Fleischwürfelchen, welche bei Experimenten in den Gewächshäusern verwendet wurden, als eine ungemein opulente Mahlzeit anzusehen sind. Daß aber eine so geringe Menge stickstoffhaltiger Nahrung, wie sie aus einem kleinen gefangenen Insekte zu gewinnen ist, nicht schädlich wirkt, geht daraus hervor, daß die in der freien Natur wachsenden Dionäen vortrefflich gedeihen und jene Schwärzung der Blätter, welche im Gewächshause durch aufgelegte Stückchen Käse veranlaßt wird, nicht zeigen. Würde die Aufnahme stickstoffhaltiger Nahrung aus den gefangenen Tieren der Dionaea nachteilig sein, so wäre diese Pflanze gewiß auch längst ausgestorben. Wenn daher kultivierte Stöcke der Dionaea durch Fütterung mit Fleisch, geronnenem Eiweiß, Käse und dergleichen Schaden gelitten haben, so beweist das nur so viel, daß ihnen diese Nahrung als zu konzentriert oder auch der Qualität nach nicht zuträglich war.

Was den andern Punkt anbelangt, daß nämlich die Dionaea auch dann gut gedeiht, wenn sie von allem Insektenbesuche abgeschlossen kultiviert wird, so ist dagegen zu erinnern, daß ein gutes Gedeihen der Dionaea gerade so wie der Drosera, Pinguicula &c. unter allen Umständen nur denkbar ist, wenn auf irgend eine Weise der zur Bildung des Protoplasmas unumgänglich nötige Stickstoff den betreffenden Pflanzenstöcken zugeführt wird.

Woher sie denselben nehmen, wird nach dem Standorte verschieden sein. Wurzeln sie in dem tiefen Rasen des Torfmooses in einem weiten, ebenen Moore, so wird die Zufuhr von Stickstoff sowohl aus dem Boden als auch aus der Luft eine äußerst beschränkte, ja wahrscheinlich eine ungenügende sein, und in letzterm Falle ist dann die Nahrung, welche aus den Leichen gefangener Insekten bezogen wird, nicht nur nützlich und vorteilhaft, sondern sie kann sogar notwendig sein. Sind diese Pflanzen dagegen in der Lage, an jener Stelle, wo sie spontan oder gepflanzt aufwuchsen, ihren Bedarf an Stickstoff aus dem Boden oder aus der Luft zu gewinnen, so können sie der Stickstoffquelle, welche sich ihnen aus gefangenen Insekten erschließen würde, ohne Nachteil ganz entraten. Es ist sehr beachtenswert, daß tierfangende Pflanzen im Freien immer nur an solchen Stellen wachsen, wo es mit der Stickstoffnahrung sehr schlecht bestellt ist. Die Mehrzahl findet sich in Tümpeln, welche von Grundwasser gespeist werden, das seinen Weg durch Torfschichten nimmt, oder im schwammigen Torfe selbst oder auch in dem Rasen der Torfmoose. Andre wurzeln in den tiefen Spalten des Gesteines an den Gehängen felsiger Berge und wieder andre auf dem Sande der Steppen. Das Wasser, welches an solchen Standorten durch die Saugzellen aufgenommen werden kann, ist jedenfalls sehr arm an stickstoffhaltigen Verbindungen; auch die Menge dieser Verbindungen, welche an den genannten Stellen aus dem Boden in die Luft übergeht, ist eine äußerst geringe und nichts weniger als nachhaltige. Unter solchen Umständen aber ist dann die Gewinnung von Stickstoff aus eiweißartigen Verbindungen verendeter Tiere jedenfalls von Vorteil, und es erklären sich alle die mannigfaltigen Gruben, Fallen und Leimspindeln als Einrichtungen, durch welche dieser Vorteil ausgenutzt wird.

---

4. Aufnahme der Nahrung durch die Schmarotzerpflanzen.

Inhalt: Einteilung der Schmarotzer. — Bakterien. Pilze. — Windende Schmarotzer. Grün belaubte Schmarotzer. Schuppenwurz. — Braunschupper, Balanophoreen und Rafflesiaceen. — Misteln und Riemenzungen. — Pfropfen, Impfen, Äugeln.

Einteilung der Schmarotzer.

Die Alten verstanden unter Parasiten oder Schmarotzern Leute, welche sich ungeladen bei den Reichen einstellten, um dort eine freie Mahlzeit zu erhalten. Für Pflanzen wurde diese Bezeichnung zum erstenmal von einem Botaniker des 18. Jahrhunderts, Namens Micheli, in dem Werke „De Orobanche“ (1720) gebraucht, wo unter anderm auch mancherlei „plantae secundariae aut parasiticae“ besprochen werden. Micheli begriff darunter Gewächse, welche lebenden Pflanzen oder Tieren organische Verbindungen entnehmen und sich die Arbeit ersparen, selbst solche Verbindungen aus Wasser, Nährsalzen und Gemengteilen der Luft zu bilden. Lange hielt man alle Übergewächse, selbst Moose und Flechten, welche auf der Borke der Bäume wachsen, ja auch viele Kletterpflanzen, für Parasiten. So wurde noch vor nicht ferner Zeit die auf den Antillen vorkommende Clusia rosea als ein förmlicher Vampir geschildert, unter dessen Umarmungen andre Pflanzen den Tod finden, und von einer ganzen Reihe weiterer Gewächse des tropischen Gebietes, so namentlich von mehreren Feigenarten, wurde behauptet, daß sie sich mit ihren Stämmen und Ästen an andre Bäume anlegen, sich ihrer eignen Rinde entäußern und infolge des Druckes, den sie ausüben, auch die Rinde des befallenen Nachbars zum Absterben bringen.

Das junge Holz der überfallenden sollte dann mit dem jungen Holze der überfallenen Pflanzen in direkte Verbindung kommen und dadurch die Möglichkeit gegeben sein, daß den letztern alle Säfte ausgesaugt werden.

Diese Angaben haben sich, wenigstens in betreff des Aussaugens, nicht bestätigt. Wenn die in der Erde wurzelnden, schon zu ansehnlichen belaubten Stöcken herangewachsenen Clusia- und Ficus-Arten mit ihren verflachenden Stämmen und Ästen sich an andre Pflanzen anlegen und diese so überkleiden, daß deren Atmungsprozeß beschränkt wird, so ist das jedenfalls eine Beeinträchtigung einer der wichtigsten Lebensfunktionen der überfallenen Pflanze und kann schließlich auch den Tod derselben veranlassen; aber die Tötung ist dann nicht durch Aussaugen der Säfte, sondern durch Erstickung herbeigeführt worden. Auch Flechten, wenn sie in dichtem Schlusse die Rinde von Bäumen überziehen, können möglicherweise die durch bestimmte Stellen der Rinde sich vollziehende Atmung beschränken und dadurch die Entwickelung des betreffenden Baumes schädigen, sind aber deswegen nicht als Schmarotzer anzusehen, sowenig wie die Fruchtkörper von Telephora-Arten, Röhrenschwämmen und andern Hutpilzen, welche rasch aus dem Boden hervorwachsen, gleich einer plastischen, teigigen Masse sich ausbreiten, alle Gegenstände, welche sich ihnen in den Weg stellen, umwallen und die umwallten lebenden Pflanzen, Grashalme, Heidelbeersträucher und dergleichen, schließlich ersticken. Auch jene Schlingpflanzen, deren holzige Stengel sich an die Stämme junger Bäume anlegen, sich wie Schlangen herumwinden, dort, wo sie aufliegen, das Dickenwachstum der stützenden Stämme beschränken und schließlich in förmlichen Rinnen der Rinde eingebettet liegen, dürfen nicht als Schmarotzer aufgefaßt werden. Derartige Schlinger, für welche als Beispiel die auf S. 149 abgebildete nordamerikanische Lonicera ciliosa aufgeführt werden kann, beschränken nur die Leitung der Bildungsstoffe, welche in den grünen Laubblättern erzeugt wurden, verhindern insbesondere, daß der Stammteil unterhalb der einschnürenden Schlingen mit diesen Stoffen versehen werde, und bedingen schließlich auch das Abdorren des ganzen zur Stütze dienenden Stammes. Man kann dann sagen, daß der befallene junge Baum von ihnen erwürgt oder erdrosselt wurde, nimmermehr aber, daß sie demselben Säfte ausgesaugt und sich diese zu eignem Verbrauche angeeignet haben. Noch viel weniger gilt das endlich von jenen zahlreichen meerbewohnenden Tangen und Florideen, welche auf den Verzweigungen der großen Sargassum-Arten aufsitzen, sowie von den unzähligen Diatomaceen, welche sowohl die im salzigen als auch die im süßen Wasser lebenden Pflanzen vielfach überziehen. In stillen Meeresbuchten ist es keine Seltenheit, auf großen Tangen kleinere Tange, auf diesen Florideen und auf diesen endlich winzige kieselschalige Diatomaceen anhaften zu sehen; ja, auch im Süßwasser, so z. B. in reißenden kalten Gebirgsbächen, findet man auf den schwarzgrünen Fäden der Lemanea kleine Räschen von Chantransia oder Batrachospermum und auf diesen wieder Diatomaceen als Überpflanzen entwickelt. Besonders auffallend ist insbesondere eine dieser Diatomaceen, welche mit Rücksicht auf die Ähnlichkeit mit einer Schildlaus den Namen Cocconeis Pediculus erhalten hat und die oft dutzendweise den grünen Algenfäden aufsitzt. Wenn man derlei Verbindungen sieht, so ist allerdings der Gedanke naheliegend, daß die Cocconeis die grünen Algenzellen aussaugt; dennoch wäre diese Annahme nicht begründet, und wenn die mit Cocconeis besetzte Alge durch ihren Besatz überhaupt einen Nachteil hat, so liegt er höchstens darin, daß sie in der Aufnahme von Nährstoffen aus dem umspülenden Wasser beschränkt und daß ihre Atmung beeinträchtigt wird.

Das Bezeichnende für die echten Schmarotzer liegt demnach weder darin, daß sie auf andern Pflanzen oder auf Tieren wachsen, noch auch darin, daß sie ihre lebendige Unterlage töten, sondern ausschließlich in dem Entnehmen von Nährstoffen aus dem angefallenen lebendigen Pflanzen- oder Tierkörper.

Die von den Schmarotzern angefallenen und ausgesaugten Pflanzen oder Tiere nennt man Wirte.

Mit Rücksicht auf die Nahrungsaufnahme kann man die echten Schmarotzer in drei Gruppen zusammenstellen. Die erste Gruppe umfaßt durchweg mikroskopische Gebilde, welche im Innern lebender Menschen und Tiere und zwar vorzüglich im Blute leben; die



Baumwürger (Lonicera ciliosa) in Südcarolina. Vgl. Text, S. 148.

zweite begreift jene Pilze, deren Mycelium befähigt ist, mit der ganzen Oberfläche der fadenförmigen Zellen oder mit kolbenförmigen Aussackungen derselben aus dem durchsetzten und überwucherten Gewebe des Wirtes Nahrung zu entnehmen, und die dritte Gruppe begreift Blütenpflanzen, deren aus dem Samen hervorgegangener Keimling mit seiner Saugwurzel oder mit einem die Rolle der Saugwurzel übernehmenden andern Teile in den Wirt eindringt, um demselben Säfte auszusaugen.

Bakterien. Pilze.

Was die Schmarotzer der ersten Gruppe anbelangt, so ist zunächst auf mehrere jener unheimlichen Gäste hinzuweisen, welche unter dem Namen Bakterien bekannt geworden sind. Sie erscheinen durchgehends einzellig, bald sphärisch, bald kurz cylindrisch, stäbchenförmig, teils geradlinig, teils bogenförmig oder schraubenförmig gekrümmt, einige ruhend, andre in lebhafter Bewegung. Die größten Formen zeigen einen Durchmesser von $^1/_{500}$, die kleinsten messen nicht über $^1/_{2000}$ mm, und sie zählen zu den kleinsten Organismen, welche bisher mit Hilfe der besten Mikroskope aufgeschlossen werden konnten. In Flüssigkeiten, deren chemische Zusammensetzung und deren Temperatur ihnen zusagt, vermehren sie sich außerordentlich rasch, und zwar erfolgt ihre Vermehrung durch Teilung. Die stäbchenförmigen Zellen strecken sich etwas in die Länge und teilen sich jede in zwei gleichgroße Hälften; jede der Hälften, wenn sie zu einer gewissen Größe herangewachsen ist, teilt sich neuerdings in zwei Hälften und so fort ins Unendliche. Der Vorgang macht den Eindruck, als ob eine fortwährende Spaltung der Zellen stattfände, und darauf gründet sich auch der Name Spaltpilze (Schizomyceten), mit welchem man diese Gebilde bezeichnet hat. Es wurde beobachtet, daß innerhalb 20 Minuten eine Bakterienzelle so weit auswächst, um sich in zwei teilen oder spalten zu können, und daraus berechnet, daß unter günstigen äußern Bedingungen aus einer einzigen Zelle binnen 8 Stunden über 16 Millionen und binnen 24 Stunden viele Milliarden solcher Zellen entstehen.

Gerade durch die Fähigkeit, sich so rasch zu vermehren, haben die Bakterien als Schmarotzer eine so große Bedeutung; denn die Vermehrung kann doch immer nur auf Kosten der Flüssigkeit und überhaupt des Nährbodens stattfinden, in welchem sie leben. Wenn dieser Nährboden die Stoffe zum Aufbaue der Milliarden von Zellen hergeben muß, die innerhalb zweimal 24 Stunden entstehen, so ist eine tiefgreifende Veränderung unvermeidlich. Nun ist aber für gewisse Bakterien das Blut mit seinen eiweißartigen Verbindungen und seinen Kohlenhydraten ein äußerst günstiger Nährboden; auch die Temperatur, welche dem Blute des Menschen und jenem der Säugetiere zukommt (35—37°), könnte für die Entwickelung der Bakterien nicht günstiger sein, und so wird es begreiflich, daß eine einzige in das Blut gelangte schmarotzende Bakterienzelle der Ausgangspunkt für eine Unzahl gleicher Zellen sein kann, welche in verhältnismäßig kurzer Zeit die ganze Blutmasse zu verändern und zu zersetzen im stande sind. Bei ihrer außerordentlichen Kleinheit können die Bakterien an zahlreichen Stellen in die Strombahn des Blutes von außen her eindringen, jede verletzte Stelle, jeder Nadelstich, jede Wundfläche kann zur Einfallspforte werden, auch durch alle Mündungen von Kanälen menschlicher und tierischer Körper, vor allem auch durch die Mündungen der Atmungsorgane können die Bakterien einwandern, und es gewinnt immer mehr an Wahrscheinlichkeit, daß ganz vorzüglich beim Atmen die durch Luftströmungen verbreiteten Bakterien in die Respirationsorgane kommen, dort in die feinsten Blutgefäße, die sogenannten Kapillaren, eindringen und so in den Blutkreislauf gelangen.

Was die parasitische Thätigkeit der ins Innere des menschlichen und tierischen Körpers eingedrungenen Bakterien anbelangt, so nimmt man an, daß das Protoplasma jedes Bakteriums auf die Umgebung als Ferment wirkt, daß es die chemischen Verbindungen in der nächsten Umgebung spaltet und diejenigen Produkte der Spaltung anzieht und in seinen Leib aufnimmt, welche es bei seinem Wachstume verbraucht. Die in solcher Weise thätigen Parasiten wirken jedenfalls bei weitem verheerender als diejenigen, welche dem Wirte zwar auch einen Teil seiner Säfte aussaugen und diese zum Ausbaue und zur Vergrößerung des eignen Leibes verwenden, die dabei unvermeidlichen Spaltungen aber erst vornehmen, nachdem die Säfte des Wirtes in die Leibeshöhle des Schmarotzers gelangt sind

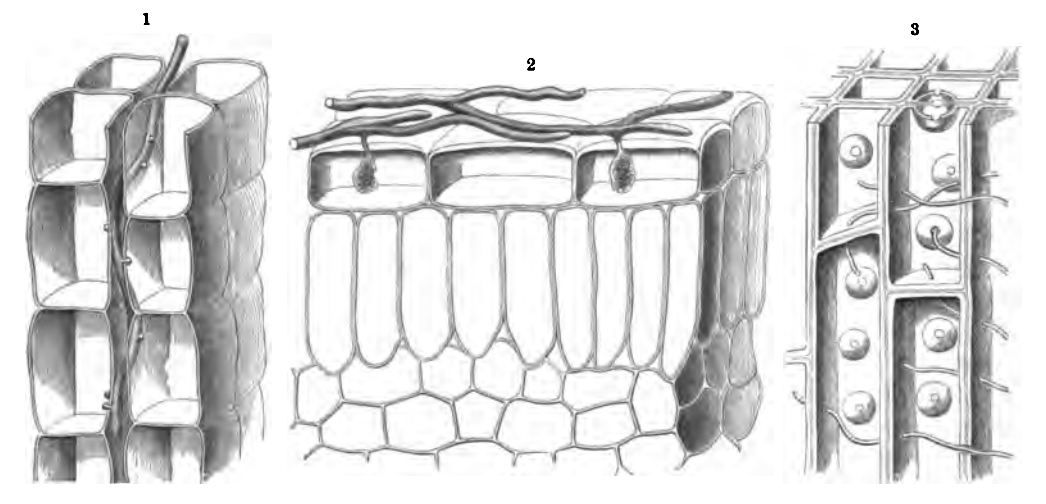
und den zurückbleibenden, nicht aufgesaugten Teil in seiner Zusammensetzung nicht verändern. Zumal dann, wenn Bestandteile des Blutes durch die Bakterien gespalten und zersetzt werden, muß dadurch die Ernährung des Wirtes, es müssen die Funktionen der von dem Blute fortwährend durchströmten Organe desselben gestört werden. Schließlich kann es dahin kommen, daß diese Organe ihre Funktionen einstellen, und daß der Wirt zu Grunde geht. Wenn man sich erinnert, wie rasch durch die Thätigkeit des Herzens das Blut in alle Teile des Körpers gepumpt wird, so wird es auch begreiflich, daß durch Bakterien, denen die Fähigkeit zukommt, das Blut in kürzester Zeit zu zersetzen, auch der Tod des Wirtes in kürzester Frist erfolgen kann, wie wir es bei Cholera-Epidemien schaudernd zu beobachten Gelegenheit haben.

Daß zahlreiche Erkrankungen des Menschen und der Tiere durch Bakterien veranlaßt werden, ist nachgerade außer Frage gestellt; ja, es bricht sich allmählich die Überzeugung Bahn, daß alle ansteckenden Krankheiten durch Bakterien bedingt sind, und daß der ansteckende Stoff, den man Kontagium und Miasma nannte, von dessen Wesenheit man früher aber nur ganz unklare Vorstellungen hatte, aus schmarotzenden Bakterien besteht. Verschiedene Erscheinungen an den durch Infektion erkrankten Organismen lassen auch auf eine Verschiedenheit der durch die schmarotzenden Bakterien veranlaßten Zersetzungen schließen. Durch eine bestimmte Art schmarotzender Zellen kann aber in der gleichen Flüssigkeit immer nur dieselbe Zersetzung eingeleitet werden. Wenn daher die Spaltungs- oder Zersetzungsprodukte in einer und derselben Flüssigkeit sich anders darstellen, so kann das wohl nur auf eine Verschiedenheit in dem Anstoße zur Spaltung, beziehentlich auf eine Verschiedenheit der schmarotzenden Zellen zurückgeführt werden; mit andern Worten, man ist berechtigt, anzunehmen, daß jede eigenartige Infektionskrankheit auch durch eine eigne Art der schmarotzenden Bakterien veranlaßt wird. Zu dieser Annahme glaubt man sich auch dann berechtigt, wenn in der Gestalt der schmarotzenden Bakterien keine dem Auge wahrnehmbare und durch die Untersuchungsbehelfe nachweisbare Verschiedenheit zu finden sein sollte.

Die Mehrzahl der schmarotzenden Bakterien, welche man als die Erreger von Krankheiten an Mensch und Tier ansieht, ist übrigens sehr deutlich schon durch die Form ihrer Zellen voneinander zu unterscheiden. So stellt sich die Bakterie, welche als die Ursache der Diphtheritis angesehen wird (Micrococcus diphthericus), in Gestalt sphärischer, zu dichten Massen gehäufter, winziger Zellen, die Bakterie, welche den Milzbrand der Rinder veranlaßt (Bacterium Anthracis), als gerade, stäbchenförmige, unbewegliche Zelle dar; beim Rückfalltyphus findet man während des Fieberanfalles im Blute des infizierten Menschen fadenförmige, schraubig gedrehte, unendlich zarte und sich lebhaft bewegende Gebilde (Spirochaete Obermeieri) und im Darme der an Cholera Erkrankten die so vielbesprochenen Kommabacillen, welche gleichfalls mit den genannten Krankheiten in ursächlichen Zusammenhang gebracht werden. Die Beantwortung der Frage, ob schmarotzende Bakterien sich auch in toten Körpern entwickeln und vermehren, also zu Verwesungspflanzen werden können, sowie überhaupt eine eingehende Schilderung dieser für das Wohl und Wehe der menschlichen Gesellschaft so wichtigen Gebilde sind einem spätern Abschnitte vorbehalten.

Die zweite oben unterschiedene Gruppe der schmarotzenden Pflanzen umfaßt mehrere Tausend verschiedener Schimmel-, Hut- und Scheibenpilze, die trotz der Mannigfaltigkeit ihrer Lebensbedingungen, trotz der Verschiedenheit ihrer Entwickelungsgeschichte und trotz der unendlichen Vielgestaltigkeit ihrer Fruchtkörper doch in betreff ihrer Nahrungsaufnahme sowie in der Art, wie sie ihre Wirte anfallen und aussaugen, miteinander große Übereinstimmung zeigen. Wo immer durch Luftströmungen herbeigeführte Sporen strandeten, oder wo Sporen, von Tieren abgestreift, hängen geblieben sind, keimen sie unter dem Einflusse der aus der Atmosphäre zugeführten Feuchtigkeit. Es treten aus ihnen

schlauchförmige dünnwandige Zellen hervor, die man Hyphen genannt hat, und diese suchen in die Stämme, Zweige, Blätter und Früchte des Wirtes hineinzuwachsen, bald von der Seite her horizontal, bald von obenher erdwärts, bald in entgegengesetzter Richtung aufwärts. Manche suchen jene Punkte auf, wo sich ihnen kein oder doch nur ein sehr schwacher Widerstand darbietet, tasten so lange an der Oberfläche der Wirtpflanzen herum, bis sie eine Spaltöffnung gefunden haben, benutzen diese als Eingangsthür und gelangen so in jene Gänge und Kanäle hinein, als deren Mündungen die Spaltöffnungen zu gelten haben. Andre wieder suchen Stellen auf, wo die Oberfläche der Wirtpflanze leck geworden ist, wo durch Angriffe der Tiere, durch Windbruch, Hagelschlag und Schneedruck Wunden entstanden sind, welche als Einfallsthor benutzt werden können. Wieder andre schlagen den kürzesten Weg ein, stoßen sozusagen die Wand durch und bilden sich selbst das Einfallsthor. Die Spitzen der Hyphen sowie auch die Aussackungen, welche die Hyphen bil-



Hyphen schmarotzender Pilze: 1. von einer Peronospore — 2. von einem Meltaue — 3. von einem Röhrenschwamme. Vgl. Text, S. 153 und 154.

den, haben die Fähigkeit, die Haut der Zellen an der lebendigen Wirtpflanze zu zersetzen und zu zerstören. Dort, wo sie sich anlegen, entsteht nach kurzer Zeit ein Löchelchen in der Zellhaut, und durch dieses bringt dann die Hyphe entweder ganz oder mit eignen Fortsätzen in den Innenraum der angefallenen Zelle ein. Es ist dabei gleichgültig, ob die Hyphe eben erst aus einer keimenden Spore hervorgewachsen oder ob sie die Ausästung eines schon mehrere Jahre alten, zeitweilig in Ruhe versetzten, aber dann wieder energisch aussprossenden Mycels ist; die Fähigkeit, die Zellwände zu durchlöchern, kommt der einen gerade so wie der andern zu.

Nicht ganz so gleichgültig ist es dagegen, wie an jenen Stellen, wo die Hyphe mit dem Wirte in Berührung kommt, die Oberhautzellen des Wirtes aussehen. Es fehlt nämlich auch nicht an Einrichtungen, durch welche die Wirtpflanzen gegen die Eindringlinge geschützt werden. So sind die Oberhautzellen an ihrer Außenwand stark verdickt und mit jenem Häutchen überzogen, welches den Namen Cuticula führt. Ist damit in erster Linie auch nur ein Schutz gegen eine zu weit gehende Verdunstung und Vertrocknung der saftreichen Zellen gegeben, so bildet eine derartige Verdickung anderseits auch einen Panzer, welcher nicht von jeder Hyphe durchbrochen werden kann. Noch mehr sichert eine doppelte oder dreifache Lage von dickwandigen, saftlosen Zellen, eine feste Rinde mit Kork oder eine tote, trockne, dicke Borke. Solche Panzer werden selbst durch die kräftigsten Hyphen nicht durchlöchert. Um sich dennoch Eingang zu verschaffen, zwängen sich manche Hyphen mit

ihrer kegelförmigen Spitze in die Risse und Sprünge der Rinde ein, drängen die Schilder und Schuppen auseinander, sprengen sie auch geradezu ab, und so gelingt es ihnen endlich, Stellen zu erreichen, wo sie anbohren und ihre Minierarbeit mit Erfolg ausführen können. In der Mehrzahl der Fälle begnügt sich der Schmarotzer nicht damit, nur die oberflächlichen Zellen des Wirtes anzubohren und auszusaugen; seine Hyphen wachsen vielmehr rasch immer weiter und weiter einwärts, häufig ohne Rücksicht auf die Zahl und Richtung der sich ihnen entgegenstellenden Scheidewände. So durchlöchern z. B. die Hyphen der im Holze lebender Bäume schmarotzenden Röhrenschwämme (Polyporeen) ganze Reihen von Zellen, hier durch ein gehöftes Tüpfel hindurchwachsend, dort den gleichmäßig verdickten Teil der Wandung einer Holzzelle durchbohrend (s. Abbildung, S. 152, Fig. 3). Andre wieder, wie z. B. die Peronosporeen, ziehen es vor, sich in die Räume zwischen den einzelnen Zellen, in die sogenannten Intercellulargänge, einzubetten. Die eingebetteten Hyphen bilden dann seitliche Aussackungen, welche die Wandungen der an den Intercellulargang angrenzenden Zellen durchlöchern und, wenn sie in den Innenraum dieser Zellen eingedrungen sind, dort kolbenförmig anschwellen (s. Abbildung, S. 152, Fig. 1). Mit diesen kolbenförmigen oder fast kugeligen Aussackungen, welche den Namen Haustorien führen, saugt dann der Schmarotzer aus dem lebendigen Leibe der durchlöcherten Zellen die ihm nötigen Stoffe.

Die Hyphen der eben erwähnten schmarotzenden Pilze haben das Eigentümliche, daß in dem Maße, wie sich das eine Ende derselben wachsend verlängert, das gegenüberliegende Ende abstirbt. Dadurch wird der Eindruck hervorgebracht, daß diese Hyphen sich wie Bohrwürmer fortbewegen. Dieser Eindruck wird insbesondere dann veranlaßt, wenn in der einen Abteilung des überfallenen Holzkörpers die Hyphen gerade bei ihrer Minierarbeit beschäftigt und durch die Scheidewände durchgewachsen angetroffen werden, während die andre Abteilung, in welcher die Hyphen früher thätig waren, zwar zahlreiche Bohrlöcher, aber keine Spur der Hyphen mehr zeigt. Den Wirtpflanzen, welche von solchen schmarotzenden, im Innern wuchernden Pilzmycelien befallen wurden, sieht man das äußerlich oft gar nicht an. Mitunter bleiben sie in ihrer Entwickelung etwas zurück, aber das könnte ebensogut durch andre Ursachen, etwa durch einen ungünstigen Standort, veranlaßt sein. Erst dann, wenn die Mycelien wieder das Bedürfnis haben, sich fortzupflanzen, zu vermehren und zu verbreiten, kommen sie aus dem Wirte teilweise heraus, wachsen mit ihren sporenbildenden Hyphen über die Oberfläche empor und überlassen es den Winden, die abgegliederten Sporen zu verbreiten.

Es erinnert dieser Vorgang lebhaft an ähnliche Verhältnisse bei den Wasserpflanzen, welche auch monatelang untergetaucht vegetieren und nur zur Zeit des Blühens und Fruchtens an die Oberfläche kommen, um ihre Blumen den Insekten und ihre Samen den Luftströmungen auszusetzen, ebenso an jene zu den Verwesungspflanzen gehörenden früher besprochenen Orchideen (vgl. S. 103), welche, unterirdisch im Moder des Waldbodens eingelagert, Jahre hindurch sich ernähren und vergrößern und dann, einen günstigen Sommer erhaschend, auf wenige Wochen mit blütentragenden Stengeln über den Waldgrund emporschießen. In der Regel sind die aus den Wirtpflanzen vorgeschobenen Sporenträger der schmarotzenden Pilze durch ihre Farbe sowohl als durch ihre Form recht auffallend. Als bekannte Beispiele wären hier jene pulverigen, rostfarbigen, schokoladebraunen oder kohlschwarzen Sporenhäufchen zu erwähnen, welche unter den Namen Getreiderost und Getreidebrand bekannt sind, weiterhin die mehligen, orangegelben Massen, welche an den grünen Stengeln und Früchten der Rosen zum Vorscheine kommen (Äcidium des **Phragmidium subcorticium**), der in den Ästen grünender Lärchenbäume schmarotzende Scheibenpilz **Peziza Willkommii**, dessen Fruchtkörper in Gestalt kleiner, scharlachroter Schüsselchen über der Rinde erscheinen, weiterhin der gelbe Löcherschwamm (**Polyporus sulfureus**), dessen dottergelbe,

kolossale, flache Hüte binnen einer Woche aus Lärchenstämmen hervorwachsen, denen man von außen unmöglich ansehen konnte, daß sie im Innern von einem Mycel ganz durchsetzt waren, dann die gleichfalls zu bedeutender Größe heranwachsenden **Polyporus betulinus** und **fomentarius**, von welchen beiden noch besonders hervorgehoben zu werden verdient, daß die Farbe und Struktur der Oberfläche des Fruchtkörpers oder Hutes in überraschender Weise mit der Borke des Baumes, auf dem sie schmarotzen, übereinstimmen, so zwar, daß der Hut des Birkenschwammes (**Polyporus betulinus**) völlig der weißlichen Borke der Birke gleicht und der Hut des auf alten Buchenbäumen schmarotzenden **Polyporus fomentarius** ganz das matte Grau der Buchenstämme zeigt.

In einem gewissen Gegensatze zu diesen mit ihren Hyphen im Innern der Wirtpflanzen ihr Wesen treibenden Schmarotzern stehen die Meltaupilze. Dieselben befallen die grünenden Blätter, Stengel und jungen Früchte und machen auf den Oberhautzellen der Wirtpflanzen ihre ganze Entwickelung durch. Bei flüchtiger Betrachtung erscheinen die befallenen Teile wie mit feinem Mehle oder mit Straßenstaub bestreut. Sieht man näher zu, so erkennt man ein zartes Gespinst aus Fäden, die sich auf der grünen Unterlage vielfach verzweigen, kreuzen, netzförmig verbinden, stellenweise auch förmlich verfilzen und an einzelnen Punkten mit den dunkeln Kügelchen der Sporenfrüchte besetzt sind. Einzelne Hyphen dieses Gespinstes lagern sich den Oberhautzellen der Wirtpflanze dicht an, lösen die äußere Wand dieser Zellen an der berührten Stelle auf, so daß ein Löchelchen entsteht, und bilden dann eine Ausstülpung, welche durch das Löchelchen in den Innenraum der befallenen Oberhautzelle hineinwächst, dort eine kolbenförmige Gestalt annimmt und den Inhalt der Zellen aussaugt. Tiefer als in die Oberhautzellen dringen die Mycelien der Meltaupilze nicht in die Wirtpflanze ein. Die Abbildung auf S. 152, Fig. 2, zeigt ein vom Meltaue befallenes Blattstück des **Acanthus mollis**, in dessen Oberhautzellen die Hyphen Saugkolben hineingetrieben haben. Zu den bekanntesten Meltaupilzen zählt der Traubenschimmel (**Erysiphe Tuckeri**), welcher sich über die Oberhaut der noch unreifen grünen Beeren des Weinstockes spinnt und der wiederholt als verheerende Krankheit durch die weinbautreibenden Gegenden des südlichen und mittlern Europa seinen Umzug gehalten hat.

Die kolbenförmig angeschwollenen, seltener schlauchförmig gewundenen Ausstülpungen, welche die Hyphen in die Zellen der Wirtpflanzen hineintreiben, sind den Saugzellen der Erdpflanzen zu vergleichen, und der Hauptsache nach sind wohl auch die Bedingungen, unter welchen die Saugung stattfindet, analoge. So wie die Saugzellen an den Wurzeln der Erdpflanzen nicht alle in ihrem Nährboden enthaltenen Stoffe aufnehmen, ebenso eignen sich auch die Hyphen nur einen Teil des Inhaltes der angebohrten Zellen mittels ihrer Saugkolben an. Zunächst lösen, spalten und zersetzen sie zu diesem Zwecke die Stoffe in den angefallenen Zellen des Wirtes. Welche Verbindungen sie dann aus den Produkten der Zersetzung auswählen und welche sie zurücklassen, kann freilich nicht näher angegeben werden. In manchen Fällen glaubt man annehmen zu können, daß es Gerbstoffe sind, welche der Schmarotzer zu allererst sich aneignet. Gesundes Eichenholz hat nämlich einen ganz eigentümlichen, durch den reichen Gerbstoffgehalt bedingten Geruch; das von Pilzmycelien befallene Holz hat ihn nicht, und es fehlt diesem zersetzten Holze der Gerbstoff; da liegt es nahe, anzunehmen, daß das Mycelium diesen Gerbstoff entnommen und verbraucht hat. Es ist auch beobachtet worden, daß überall dort, wo die Hyphen des Kiefernblasenrostes (**Peridermium Pini**) sich eingenistet hatten, die stickstoffhaltigen Teile des Protoplasmas und das Stärkemehl verschwanden, dagegen an ihrer Stelle Terpentinöl zurückblieb, das in Tropfenform der Innenwand der Zellen anhaftete. Das sind nun freilich sehr spärliche Anhaltspunkte; sie zeigen jedoch, daß nicht der ganze Zellinhalt unverändert von dem Schmarotzer aufgesaugt und als Baumaterial für den eignen Leib verwendet wird.

Durch die in den Holzstamm der Laub- und Nadelhölzer eindringenden Hyphen wird übrigens nicht nur der Inhalt, sondern es werden auch die Wandungen der Zellen angegriffen und teilweise als Nahrung verwendet. Das Mycelium mehrerer Polyporus- und Trametes-Arten bringt zunächst den in den Zellwänden abgelagerten Holzstoff in Lösung, so daß nur noch eine Zellstoffwand von bleicher Farbe zurückbleibt; gleich darauf wird aber auch noch die sogenannte Mittellamelle, welche die benachbarten Holzzellen verbindet, aufgelöst, und die gebleichten Holzzellen, welche jetzt fast das Ansehen von Asbestfasern haben, fallen bei leisester Berührung auseinander. Wenn das Holz der Lärche von dem Mycelium des gelben Löcherschwammes (Polyporus sulfureus) durchwuchert war, so finden sich an der Innenwand der Holzzellen immer tiefe, schräg verlaufende Furchen, und auch dieser Substanzverlust kann wohl nur dadurch entstanden sein, daß durch den Einfluß der Hyphen Teile der Holzzellenwand aufgelöst und dann als Nahrung aufgenommen wurden.

Alle derartigen Zersetzungen und Veränderungen der Struktur im Bereiche der Zellen des Wirtes haben natürlich eine Störung der Funktion und ein schließliches Absterben des befallenen Teiles im Gefolge. Nur selten wird aber durch die Schmarotzer dieser Gruppe die ganze Wirtpflanze getötet. Wenn durch Bakterien das Blut eines Säugetieres zunächst auch nur an einer beschränkten Stelle des Körpers zersetzt wird, so verbreitet sich doch diese Zersetzung in kürzester Zeit durch Vermittelung des Herzens und durch den Blutkreislauf über den ganzen Körper. Die Zersetzung dagegen, welche durch die Hyphen in der oben geschilderten Weise stattfindet, pflanzt sich nur sehr allmählich von den unmittelbar angegriffenen Zellen auf die Nachbarn fort und schwächt sich mehr und mehr ab, je größer der Abstand von der Stelle des Angriffes ist, ein Umstand, auf welchen später bei Besprechung der Gärung und Vermoderung nochmals zurückzukommen sein wird. Allerdings beeinflussen auch noch die Eigenart des Schmarotzers sowie die Widerstandsfähigkeit des Wirtes die Schnelligkeit der Ausbreitung. In manchen Fällen werden neben denjenigen Zellen, auf welche sich der Angriff des Schmarotzers direkt gerichtet hat, höchstens noch die unmittelbar angrenzenden Zellen verändert, und der Herd der Zerstörung ist dann ein sehr beschränkter; er stellt sich an den frischen grünen Blättern oft nur in Gestalt vereinzelter kleiner, gelber, brauner oder schwarzer Punkte und Flecke dar, welche aber das Blatt in seiner Thätigkeit nur wenig beirren und nicht einmal ein früheres Vergilben, Welken und Abfallen desselben veranlassen. In andern Fällen werden dagegen allerdings die ganzen Blätter und Stengel schlaff, schrumpfen ein, vertrocknen zu einer schwarzen Masse und sehen aus, als ob man sie verkohlt hätte, oder aber es tritt auch eine Fäulnis der ganzen Masse ein, ganz ähnlich derjenigen, welche durch Bakterien angeregt wird.

Das Holz der Baumstämme, welches von den Hyphen durchlöchert und angefressen wird, zerfällt in der oben angegebenen Weise, wird morsch, gestaltet sich zu einer asbestartigen oder krümeligen und pulverigen Masse und ist dann selbstverständlich nicht mehr im stande, seinen verschiedenen Aufgaben in der lebenden Pflanze nachzukommen. Ist die Infektion nur eine beschränkte, und bringt es die Wirtpflanze zu stande, den Infektionsherd mit einem Walle von widerstandsfähigen Zellen zu umgeben, welche von den Hyphen nicht durchbohrt werden können, dann vermag der Baum, dessen Stamm ergriffen und stellenweise morsch geworden ist, trotzdem noch jahrelang fortzuleben. Ähnlich verhält es sich auch, wenn nur einzelne Äste eines Baumes von dem Mycelium eines Pilzes ergriffen wurden. Wenn z. B. der Ast eines Lärchenbaumes von dem Mycelium des Scheibenpilzes Peziza Willkommii befallen wird, so gibt sich das äußerlich zunächst dadurch kund, daß die Nadelbüschel an diesem Aste schon im Sommer erblassen und ein herbstliches Ansehen bekommen; man sieht dann einzelne Äste mit goldgelben Nadeln zwischen den frischgrünen eingeschaltet. Gegen den Herbst zu kommen die scharlachroten, becherförmigen Fruchtkörper über der Astrinde zum Vorscheine,

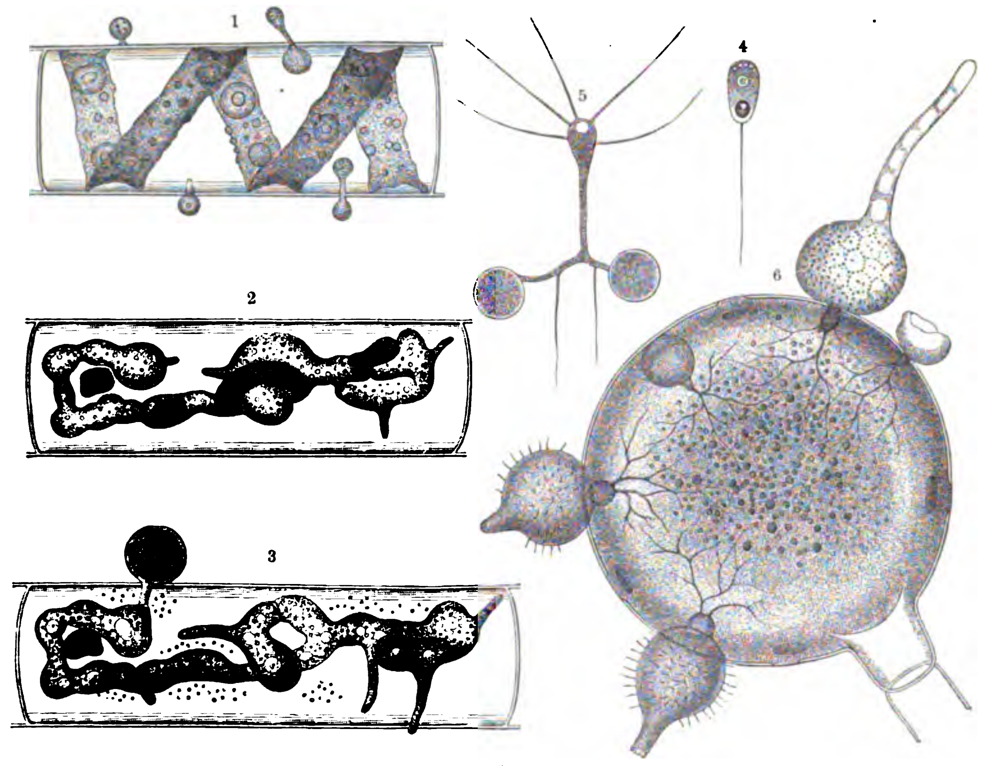
im darauf folgenden Jahre ist dann regelmäßig der ganze Ast vertrocknet, dürr und tot, splittert im Anpralle des ersten heftigen Windes und fällt zu Boden; der Baum aber, der sich des getöteten Astes entledigte, grünt und wächst unbeschadet weiter. Nur dann, wenn etwa sämtliche Äste desselben von dem Mycelium dieses Pilzes durchwuchert sein sollten, geht der ganze Lärchenbaum zu Grunde.

Gewisse Pflanzengruppen sind ganz besonders den Angriffen schmarotzender Pilze ausgesetzt, und es gibt Nadelhölzer und Laubbäume, auf welchen sich drei-, vier-, fünferlei Schmarotzer an demselben Stamme ansiedeln. Auch die grünen Laubblätter sehr vieler Blütenpflanzen sind von Schmarotzern gern aufgesucht, desgleichen Wurzeln, Knollen und Zwiebelbildungen. Manche Schmarotzer befallen nur die Antheren in den Blumen, andre, wie z. B. das „Mutterkorn", nur die jungen Fruchtknoten. Auf Moosen und Farnen werden schmarotzende Pilze verhältnismäßig nur selten angetroffen, dagegen findet man auf Flechten und auf den Fruchtkörpern der Schwämme ziemlich viele Parasiten angesiedelt; ja, selbst auf Schimmelpilzen nisten sich wieder andre Pilze als Schmarotzer ein. So schmarotzt z. B. auf dem weitverbreiteten Schimmel **Mucor Mucedo** ein andrer Pilz, Namens **Piptocephalis Freseniana**.

In den Raupen und Puppen von Schmetterlingen und andern Insekten schmarotzt ein unter dem Namen **Cordiceps militaris** bekannter Pilz, dessen verhältnismäßig sehr großer Fruchtkörper schließlich aus dem von dem Mycelium durchwucherten Tiere als eine nahezu 6 cm lange Keule hervorbricht. Das keulenförmige Gebilde, zu dessen Aufbau Fleisch und Blut der befallenen Insekten verbraucht wurden, entwickelt in eigentümlichen Behältern schlauchförmige Zellen, in denen sich stäbchenförmige Sporen ausbilden, die dann, ausgefallen, neuerdings Raupen infizieren, zu einem schimmelartigen Mycelium im Körper dieser Tiere auswachsen und den Tod derselben zur Folge haben können. Die unter dem Namen Muscardine bekannte Krankheit der Seidenraupen wird gleichfalls durch eine solche **Cordiceps**-Art veranlaßt. Auch wäre hier noch der weitverbreiteten **Empusa Muscae** zu gedenken, eines Schimmelpilzes, welcher die Fliegen befällt und alljährlich im Herbste eine förmliche Epidemie unter den Stubenfliegen veranlaßt. Die Fliegen, welche man dann so häufig starr und tot an den Fensterscheiben haften sieht, sind von einem weißlichen Hofe umgeben, welcher aus einem Haufwerke der von dem schmarotzenden und die Fliegen tötenden Schimmelpilze abgeschleuderten Sporen besteht. Auch in der Haut des Menschen hat man schmarotzende Pilze beobachtet und als die Ursache von Hautkrankheiten erkannt, so namentlich den Schimmelpilz **Achorion Schoenleinii**, welcher die im Volksmunde unter dem Namen Kopfgrind bekannte, von den Ärzten **Favus** genannte Hautkrankheit veranlaßt, **Microsporon furfur**, welcher den Kleiengrind (**Pityriasis versicolor**) erzeugt, und **Trichophyton tonsurans**, der den **Herpes tonsurans** bedingt und dadurch sehr bemerkenswert ist, daß er die Haare in Mitleidenschaft zieht, ein Ausfallen derselben und ein Kahlwerden der betroffenen Hautstellen verursacht.

Verhältnismäßig selten werden Wasserpflanzen von schmarotzenden Pilzen befallen, was um so beachtenswerter ist, als sich auf den grünen Algenfäden, auf den braunen Tangen und den roten Florideen eine solche Fülle von nicht schmarotzenden Überpflanzen ansiedelt. Auf den grünen Algenfäden, zumal den im Süßwasserleben den Arten der Gattungen **Oedogonium**, **Spirogyra** und **Mesocarpus**, schmarotzen, dem freien Auge nicht erkennbar, winzige Pilzformen, welche zu den Chytridieen und Saprolegniaceen gezählt werden. Einer dieser mikroskopischen Schmarotzer, der in der Abbildung auf S. 157, Fig. 1—3, dargestellt ist und den Namen **Lagenidium Rabenhorstii** führt, entwickelt wimperlose, kugelige Schwärmsporen, welche sich an die Wand der mit einem bandförmigen, schraubig gewundenen Chorophyllkörper versehenen **Spirogyra**-Zellen anlegen, dieselbe durchbohren

und zunächst einen Kolben in das Innere der Zelle treiben. Aus dem Kolben wird alsbald ein Schlauch, der sich im Innern der Spirogyra-Zelle rasch vergrößert und verzweigt und dabei den bandförmigen Chlorophyllkörper vollständig zerstört. Die verzweigten Schläuche des Lagenidium vermehren sich dann auf Kosten der durchwucherten Zellen des Wirtes auf doppelte Art, sie bilden nämlich einerseits durch Befruchtung sogenannte Eisporen, anderseits Sporenschläuche, welch letzterer Vorgang durch untenstehende Abbildung, Fig. 1—3, anschaulich dargestellt ist. In diesem letztern Falle treibt eine der schlauchförmigen Ausstülpungen des schmarotzenden Pilzes aus der Zellkammer der überfallenen Spirogyra wieder



Schmarotzer auf Wasserpflanzen: 1 bis 3. Lagenidium Rabenhorstii. — 4 und 5. Polyphagus Euglenae. — 6. Rhizidiomyces apophysatus. Vgl. Text, S. 156—158.

hinaus in das umgebende Wasser und schwillt dort zu einer kugeligen Blase an, in der sich das Protoplasma in acht Sporen teilt. Diese Sporen werden dann als Schwärmer entlassen und können sich neuerdings an frische gesunde Spirogyra-Zellen anlegen.

Wesentlich anders verhält sich der Schmarotzer Chytridium Ola, welcher die grünen Zellen der im Süßwasser lebenden Ödogonien befällt. Die rundlichen, mit einem langen Wimperfaden versehenen Schwärmsporen desselben schwimmen suchend im Wasser herum, bis sie auf eine ihnen zusagende, gerade in der Bildung von Eisporen begriffene Oedogonium-Zelle treffen. Haben sie diese gefunden, so legen sie sich an dieselbe an und treiben unendlich zarte, haarförmige Schläuche (die man Rhizoiden genannt hat) in das Innere. Mittels dieser Schläuche entnehmen sie ihre Nahrung dem Wirte. Der außerhalb der überfallenen Zelle befindliche Körper des Schmarotzers vergrößert sich und wächst schließlich zu einem Sporenschlauche heran, welcher sich am Scheitel mit einem Deckel öffnet und wieder Schwärmsporen in das umgebende Wasser entläßt.

Der zu den Chytridieen gehörige Polyphagus Euglenae schmarotzt auf den im Wasser lebenden grünen Zellen der Euglenen. Die Schwärmsporen dieses mikroskopischen Pilzes (s. Abbildung, S. 157, Fig. 4) sind eiförmig, gleich jenen des Chytridium Ola mit einem langen Wimperfaden versehen und schwimmen in der Weise im Wasser herum, daß das wimperfreie Ende vorangeht und die Wimper wie ein Schwanz an dem hintern Ende erscheint. Sobald diese Schwärmer zur Ruhe gekommen sind, nehmen sie die Kugelform an und treiben nach allen Seiten dünne, haarförmige Schläuche aus, die nach einem Wirte suchen. Hat einer dieser Schläuche eine grüne Euglena-Zelle erreicht, so dringt er in deren Körper ein, saugt ihn aus, wächst weiter und weiter, bildet neue haarförmige Schläuche, welche andre grüne Euglenen erreichen und oft Dutzende derselben verketten (s. Abbildung, S. 157, Fig. 5). Der Polyphagus gedeiht dabei zusehends, wird zu einer verhältnismäßig großen, länglichen Blase, in welcher sich das Protoplasma in zahlreiche Portionen gliedert. Diese werden nun wieder zu Schwärmern mit langen Wimperfäden, welche aus der Blase ausschlüpfen und neue Euglenen überfallen können.

Merkwürdigerweise werden mitunter auch die im Wasser lebenden chlorophylllosen Verwesungspflanzen von Schmarotzern überfallen und zwar wieder durch Arten, welche derselben Gruppe angehören. So werden z. B. die auf den Leichen von Fischen und andern im Wasser umgekommenen Tieren wachsenden Achlya-Arten von kleinen schmarotzenden Saprolegniaceen und Chytridieen ausgesaugt. Einer dieser winzigen Schmarotzer, welcher in der Abbildung auf S. 157, Fig. 6, dargestellt ist, heißt Rhizidiomyzes apophysatus, und sein Wirt ist Achlya racemosa. Die schwärmenden Sporen des Schmarotzers legen sich, ähnlich wie in den früher geschilderten Fällen, an den kugeligen Eiträger der Achlya an und treiben in das Innere der überfallenen Zelle haarähnliche, unendlich dünne Schläuche. Diese verzweigen sich wurzelartig in dem Protoplasma der überfallenen Achlya-Zelle, saugen dasselbe aus, wachsen zusehends und bilden endlich kugelige Anschwellungen, welche, wenn sie eine gewisse Größe erreicht haben, die Wand der Wirtzelle nach außen durchstoßen, sich vorstülpen und schließlich aus einem vorgeschobenen Sporengehäuse zahlreiche Schwärmsporen entwickeln. Diese können, im Wasser ausschwärmend, neue Beute aufsuchen.

Auf die andern Vermehrungsarten der auf Wasserpflanzen schmarotzenden winzigen Pilze kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Dagegen ist es am Platze, hier der Thatsache zu gedenken, daß sich die verschiedenen Arten der Chytridieen und Saprolegniaceen nicht mit der nächstbesten Wirtpflanze begnügen, sondern unter den verschiedenen im Wasser lebenden grünen Algen eine Auswahl treffen. Die Schwärmsporen schwimmen wunderbarerweise stets denjenigen Zellen zu, deren Protoplasma für sie den geeignetsten Nährboden abgibt, und legen sich auch nur an diese und niemals an andre für sie nicht passende Arten an.

Windende Schmarotzer. Grün belaubte Schmarotzer. Schuppenwurz.

Die dritte Gruppe der Schmarotzer, welche im Eingange dieses Kapitels unterschieden wurde, umfaßt durchweg Blütenpflanzen. Nach der Art und Weise, wie diese den Wirt überfallen, um aus demselben Nahrung zu saugen, ordnen sie sich in sechs Reihen, deren Eigentümlichkeiten im nachfolgenden an den bemerkenswertesten Formen erörtert werden sollen.

Die erste Reihe begreift Gewächse, welche der grünen Blätter und überhaupt des Chlorophylls entbehren, aus deren auf der Erde keimenden Samen ein fadenförmiger Stengel hervorgeht, welcher durch eigentümliche Bewegungen mit der Wirtpflanze in

im B
chen P
einem
as wim
e ersche
m an
irte jede
deren L
Schläu
(s. Abb
er verb
Portion
welche a

phylli
en, we
schen u
en schw
n Schw
liomy
s Schw
Eiwei
unendl
erfallen
elige A
er Wi
Spore
ärmen

winzige
n Platz
Sapr
hiedene
wimme
gneten
sie nich

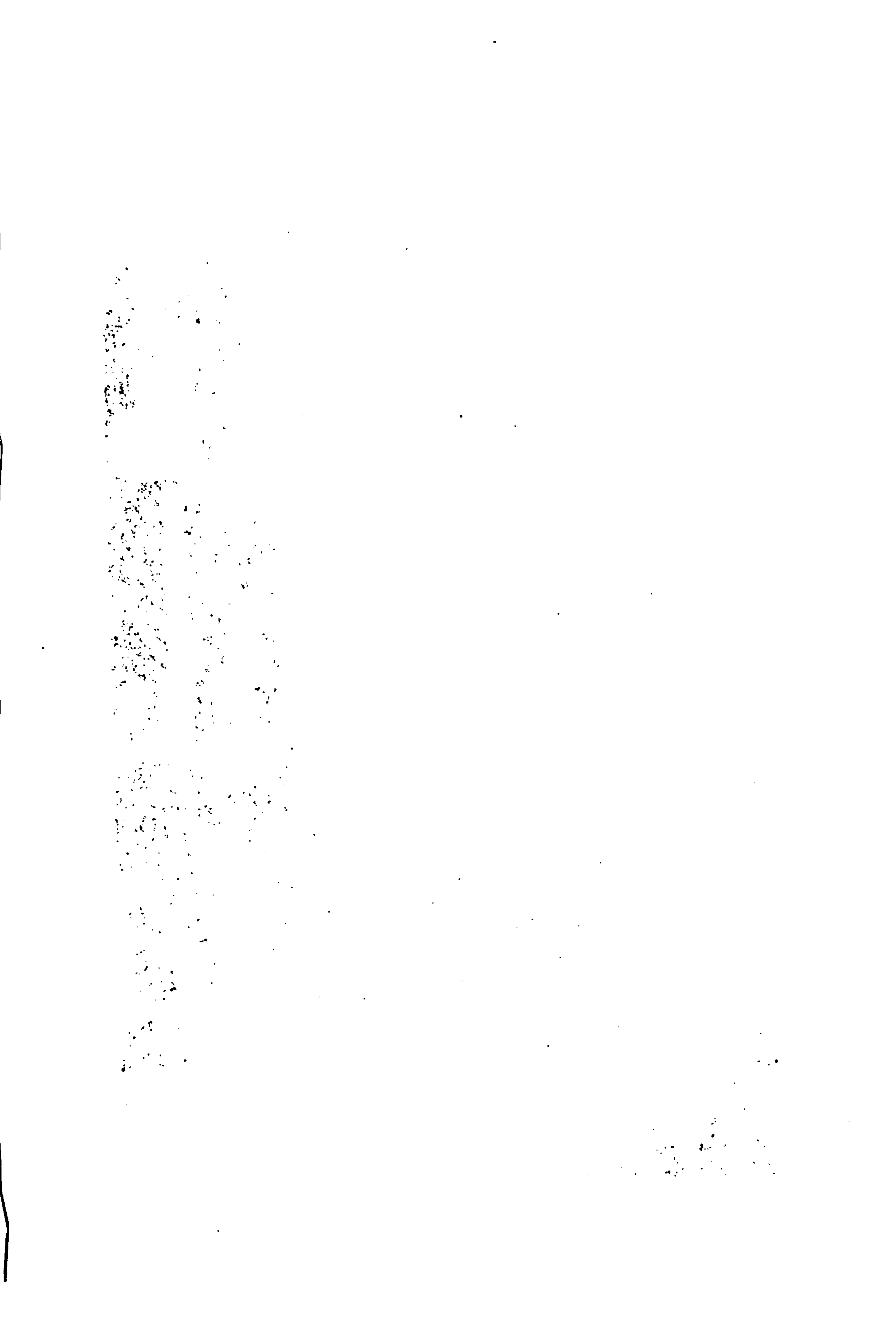
unte
ie die
sech
Formen

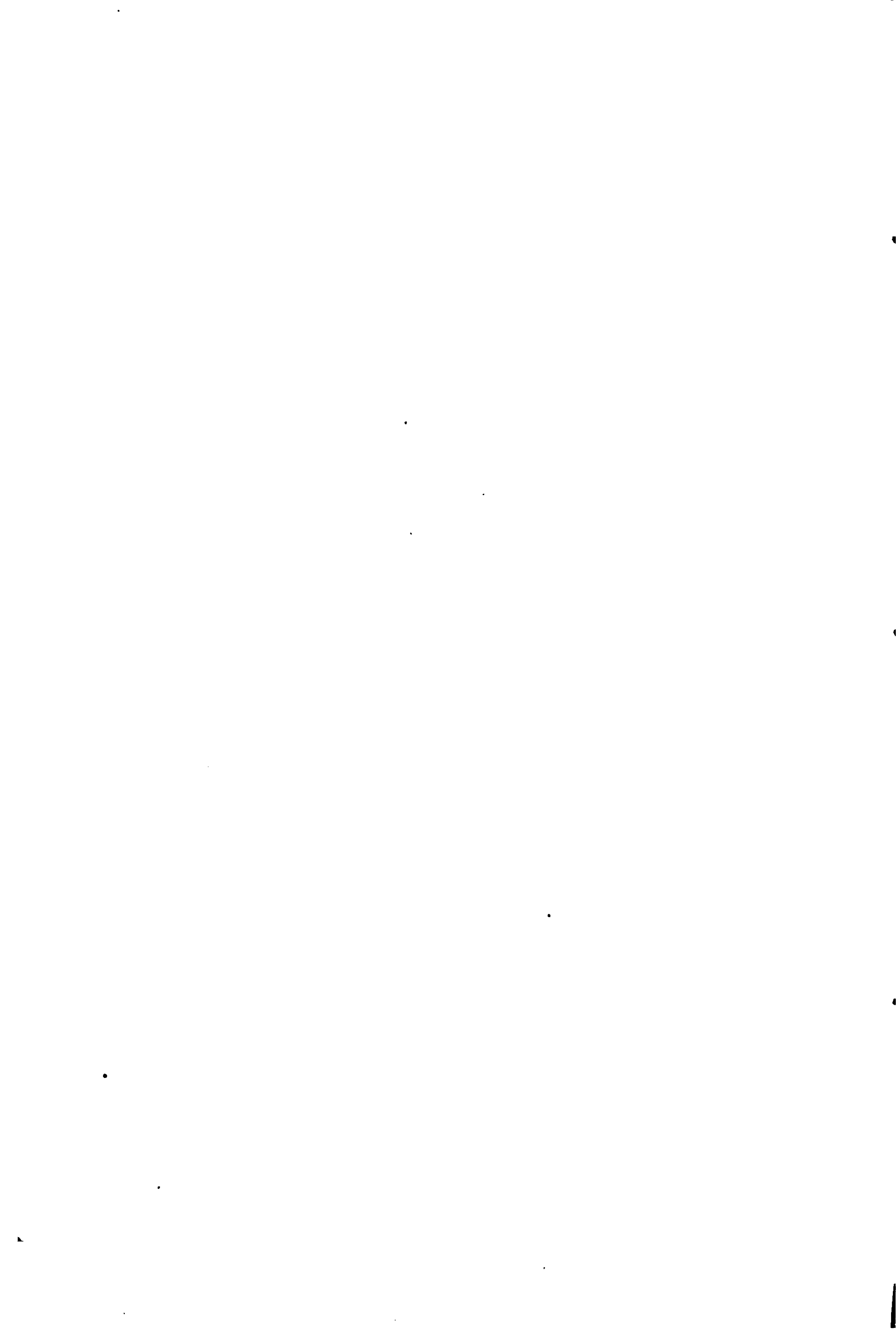
pt de
rmige
nze in



TEUFELSZWIRN, AUF NESSELN SCHMAROTZEND

(Nach der Natur von J. Seelos.)





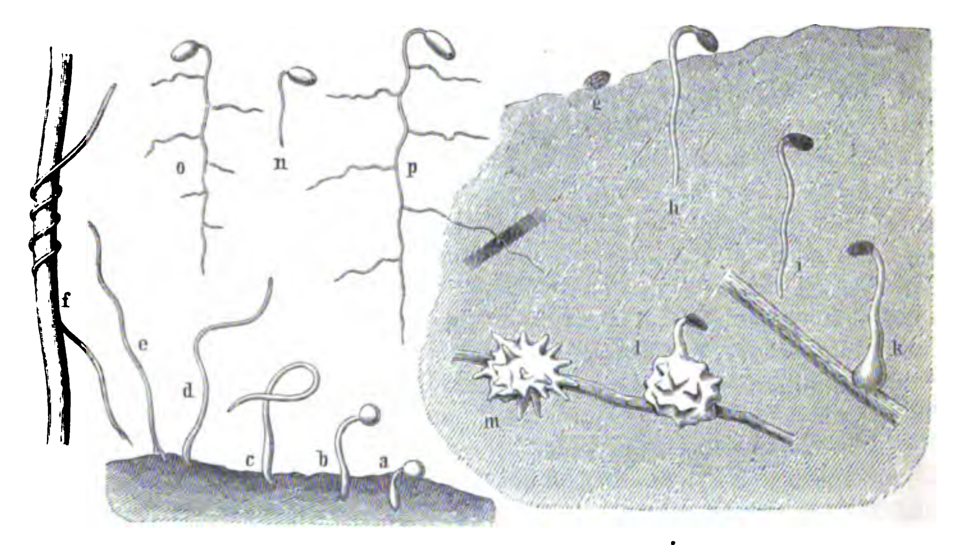
Berührung kommt, sich um diese herumschlingt und Saugwarzen ausbildet, mit deren Hilfe er der überfallenen Pflanze die Nahrung entnimmt.

Es gehören hierher die Gattungen Cassytha und Cuscuta. Die erstere umfaßt einige dreißig Arten, welche durchgehends wärmern Klimaten angehören. Die meisten Kassythen bewohnen Neuholland, wo sie insbesondere die Gebüsche der Kasuarineen und Melaleuken überfallen und sich an deren jungen, grünen Zweigen mit den warzenförmigen, in manchen Fällen auch schild- und scheibenförmigen Saugapparaten anlegen. Mehrere Arten sind auch auf Neuseeland, andre auf Borneo, Java, Ceylon, den Philippinen und Molukken zu Hause. Auch das südliche Afrika beherbergt einige Kassythen, und eine Art (C. Americana) ist über die westindischen Inseln, Mexiko und Brasilien verbreitet. Wenn der Europäer diese Schmarotzer mit ihren fadenförmigen, windenden, blattlosen Stengeln und den zu Köpfchen, Dolden und Ähren vereinigten Blüten sieht, so hält er sie zuerst für Arten der gleich zu besprechenden Gattung Kleeseide (Cuscuta), welche der Volksmund in deutschen Landen auch mit dem Namen Teufelszwirn belegt hat. Am allerwenigsten möchte man glauben, in diesen Kassythen Gewächse vor sich zu haben, welche mit dem Lorbeerbaume zunächst verwandt sind. Die Untersuchung der Blüten und Früchte zeigt nun allerdings die größte Übereinstimmung mit den Lorbeer- und Zimtbäumen, und es werden darum auch diese Cassytha-Arten von den Systematikern mit Recht zu den Laurineen gestellt. In betreff der Nahrungsaufnahme stimmen sie aber sowie in ihrem ganzen Ansehen vollständig mit den zu den Windlingen (Convolvulaceae) gehörenden Arten der Gattung Cuscuta überein. Diese zuletzt genannte Gattung ist noch reicher gegliedert als die Gattung Cassytha und umfaßt beiläufig 50 Arten, welche ziemlich gleichmäßig über die ganze Welt verteilt sind. Und zwar hat jeder Weltteil seine ihm eigentümlichen Formen. Eine Gruppe findet sich in Kalifornien, Carolina, Indiana, Missouri, Mexiko, eine andre in Westindien, Brasilien, Peru und Chile, wieder eine andre am Kap der Guten Hoffnung. Andre Arten sind in China, Ostindien, im Steppengebiete Zentralasiens, in Persien, Syrien, im Kaukasus und Ägypten zu Hause. Verhältnismäßig viele Arten, nämlich 25, sind durch das mittlere und südliche Europa verbreitet. Einige sind hier erst vor nicht langer Zeit mit Samen aus der Neuen Welt eingeschleppt worden, wie z. B. C. corymbosa, welche mit Schneckenkleesamen aus Südamerika nach Belgien zufällig eingeführt, von dort aus in den letzten Dezennien ihre Wanderungen durch das mittlere Europa begonnen hat.

Die Cuscuta-Arten überfallen vorzüglich niedere Kräuter, Stauden und Sträucher; einige amerikanische Arten umspinnen auch die Zweige in den Wipfeln der höchsten Bäume. Von allen diesen Arten haben einige europäische darum eine besondere Beachtung gefunden, weil sie in der nachteiligsten Weise in den Kulturen auftreten. Die berüchtigtste ist die unter dem Namen Kleeseide bekannte Cuscuta Trifolii, deren Auftreten in den Kleefeldern den Landwirten so viel Sorge und deren Vertilgung so viel Mühe macht; ein andrer unliebsamer Gast ist Cuscuta Epilinum, welche die Stengel des Leines umwindet und in ihrem Wachstume behindert, und eine dritte Art, welche in den Hopfenpflanzungen mitunter verheerend auftritt, ist Cuscuta Europaea. Diese letztere ist wohl die verbreitetste aller Cuscuta-Arten und findet sich von England über Mitteleuropa, Zentralasien bis Japan und südwärts bis Algerien. Sie schmarotzt nicht nur auf Hopfen, sondern auch auf Holunder, Eschengebüsch und verschiedenen andern Sträuchern und Stauden, besonders aber bevorzugt sie die Nesseln, und in der beigehefteten Tafel „Teufelszwirn“ erscheint diese Art auch auf der Nessel schmarotzend dargestellt.

Die Samen dieser sowie überhaupt aller Cuscuta-Arten keimen auf feuchter Erde, auf feuchtem, in Verwesung übergehendem Laube oder auch auf der verwitterten Borke alter Baumstämme. Der Keimling, welcher im Samen in eine zellige, mit Reservenahrung

erfüllte Masse eingebettet liegt, ist fadenförmig und spiralig eingerollt. Er bildet entweder einen oder anderthalb Umläufe und ist an dem einen Ende keulenförmig verdickt. Von Samenlappen ist an den echten Cuscuta-Arten keine Spur wahrzunehmen, ebensowenig findet man im Innern des Keimlinges Gefäße; doch bemerkt man in der Achse des fadenförmigen Körpers sehr regelmäßig angeordnete Zellenzüge, die sich von den umgebenden Zellen leicht unterscheiden. Die im Freien auf den Boden gefallenen und dort den Winter über gelegenen Samen keimen im darauf folgenden Jahre erst sehr spät, wenigstens um einen Monat später als die Mehrzahl andrer Samen, welche zugleich auf denselben Boden gelangt waren. Auch haben in der Zeit, in welcher die Keimung stattfindet, die ausdauernden Stauden ihre Stengel aus den unterirdischen Wurzeln oder Rhizomen schon über die Erde emporgeschoben, was für den Schmarotzer später von großer Wichtigkeit ist.



Keimlinge schmarotzender Pflanzen: a bis f Teufelszwirn (Cuscuta europaea). — g bis m Sommerwurz (Orobanche Epithymum). — n bis p Wachtelweizen (Melampyrum silvaticum). Vgl. Text, S. 159—161, 170 und 171, 163 und 164.

Würde er schon zeitig im Frühlinge keimen, so würde er in nächster Nähe nicht leicht eine Stütze finden, an der er sich hinaufwinden könnte, während es später an einjährigen Stengeln und an Sprossen ausdauernder Pflanzen in der unmittelbaren Umgebung nur selten fehlt.

Bei der Keimung streckt sich der spiralig gerollte Keimling, dreht sich dabei nach links, erhält eine schraubenförmige Gestalt und drängt sein kolbenförmiges unteres Ende über die Samenhülle hinaus (s. obenstehende Abbildung, Fig. a—f). Dieses wächst sofort in den Boden und haftet dort an Erdpartikelchen, verwelktem Laube und dergleichen fest. Das andre verschmälerte Ende des fadenförmigen Keimlinges, welches noch von der Samenhaut und der Reservenahrung umgeben ist, hebt sich in entgegengesetzter Richtung empor, wobei es den ihm etwa entgegenstehenden festen Körpern ausweicht und im Bogen um sie herumwächst. Das weitere Wachstum findet weder an dem kolbenförmigen untern noch an dem verschmälerten obern Ende, sondern immer im Mittelstücke des Fadens statt und ist sehr rasch, so zwar, daß der ganze fadenförmige Keimling am fünften Tage nach dem Beginne der Keimung um das Vierfache sich verlängert hat. Schon am dritten Tage nach dem Austritte des kolbenförmigen, sich in der Erde befestigenden Endes wird die Samenhaut, welche bisher das entgegengesetzte Ende noch einhüllte, abgeworfen, und die Spitze des Keimlinges ist jetzt entblößt; die Reservenahrung, welche dem Keimlinge von der Mutterpflanze als Wegzehrung mit auf

die Reise gegeben wurde, ist von ihm inzwischen aufgesaugt und verbraucht worden, und er ist jetzt ganz und gar auf sich, auf die Erde, an die er sich festgeklebt, und auf die umgebende Luft angewiesen. Da sich an ihm keine Spur von Spaltöffnungen findet, ist er wohl nicht im stande, Stoffe aus der Luft aufzunehmen; auch aus der Erde kann er sich nicht mit genügender Nahrung versehen, wenn es auch nicht ausgeschlossen ist, daß er mit den Zellen des kolbenförmigen Endes Wasser aus der Umgebung aufnimmt. Er wächst jetzt ohne Zweifel auf Kosten der Stoffe, welche in den Zellen seines kolbenförmigen Endes enthalten sind. Dieses beginnt alsbald zu schrumpfen und stirbt rasch ab, während der obere Teil des Fadens sich sichtlich verlängert. Ist dieser Teil der Keimpflanze inzwischen mit einer benachbarten andern Pflanze oder auch mit einem dürren Halme oder was immer für einer Stütze in Berührung gekommen, so schlingt er sich sofort um dieselbe herum, und es ist dann seine Zukunft in der Regel auch gesichert.

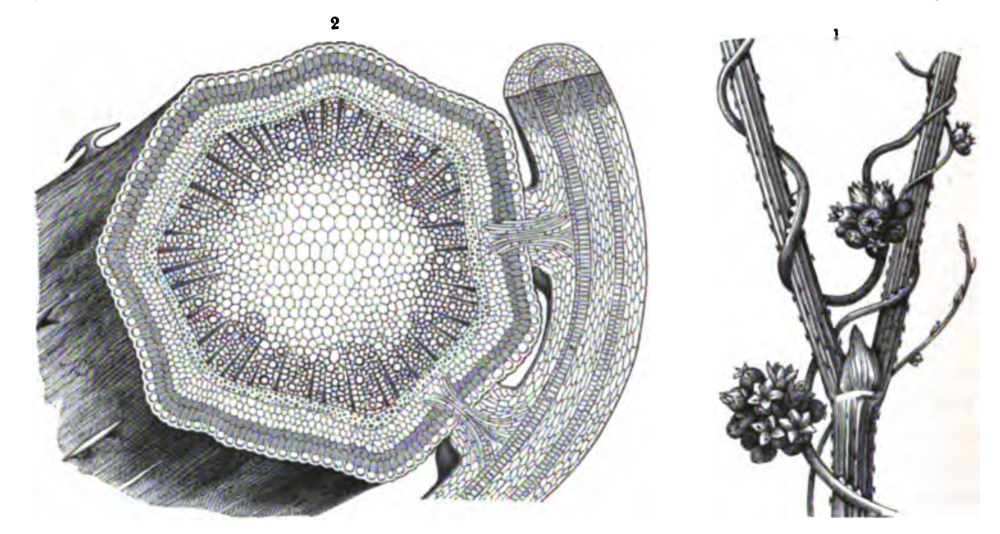
Wenn nicht, so fällt die Keimpflanze nach dem Absterben des kolbenförmigen Endes um und sinkt gegen den Boden nieder. Bei dieser Gelegenheit streift sie fast immer eine benachbarte Stütze und legt sich sofort mit einer Schlinge an dieselbe an. Fehlt aber ringsum jeder Halt, und kommt die junge Keimpflanze, welche zu dieser Zeit 1—2 cm lang ist, auf die nackte Erde zu liegen, so wird ihr weiteres Wachstum eingestellt. Sie erhält sich zwar unglaublich lange lebensfähig und kann, auf der feuchten Erde liegend, vier bis fünf Wochen fast unverändert verharren und gewissermaßen auf Rettung warten. Manchmal kommt auch eine solche Rettung, indem in allernächster Nähe eine andre Pflanze aufkeimt oder aus der Nachbarschaft ein wachsender Sproß sich vorstreckt und die Keimpflanze der Cuscuta streift. In diesem Falle erfaßt diese sofort den Rettungsanker und schlingt sich um denselben herum. Fehlt aber jede solche Stütze, so stirbt schließlich die Keimpflanze gänzlich ab, und es ist jedenfalls sehr merkwürdig, daß derselbe Faden, welcher sofort Saugwarzen entwickelt, wenn er sich an eine lebendige Pflanze angelegt hat, in die feuchte Erde keine solche Saugorgane einzuschieben im stande ist.

Wurde von dem fadenförmigen Cuscuta-Pflänzchen entweder schon zur Zeit, als sein kolbenförmiges unteres Ende noch vorhanden, oder auch später, nachdem dieses abgestorben war, irgend welche Stütze erfaßt, so bildet es eine oder 2—3 Schlingen um dieselbe, hebt dann seine fortwachsende Spitze von der Unterlage wieder ab und bewegt dieselbe wie den Zeiger einer Uhr im Kreise herum. Durch diese Bewegungen, welche ganz den Eindruck des Tastens und Suchens machen, kommt der Faden mit neuen Halmen, Zweigen und Blattstielen andrer Pflanzen in Berührung, legt sich an diese wieder an und bildet um die so erfaßte neue Stütze wieder 2—3 enge Schlingen. Dabei ist auffällig, daß diese fortwachsende Spitze der jungen Cuscuta-Pflanze soweit als thunlich tote Stützen verschmäht und in auffallender Weise lebende Pflanzenteile bevorzugt.

Wo sich die Cuscuta mit einer Schlinge der Stütze angeschmiegt hat, schwillt der Faden etwas an, und es bilden sich dort Warzen, welche gewöhnlich zu drei, vier oder fünf reihenweise nebeneinander stehen (s. Abbildung, S. 162, Fig. 1).

Ein solches mit Warzen besetztes Stengelstück gleicht dann einer kleinen Raupe, welche an dem stützenden Stengel hinaufkriecht. Im Anfange mit Wurzelanlagen ganz übereinstimmend, erscheinen diese dicht aneinander gereihten Warzen oberflächlich glatt, erhalten aber bald ein fein gekörntes Aussehen und zwar dadurch, daß sich die Wandungen der Oberhautzellen nach außen vorwölben. Mit Hilfe dieser Papillen und vorzüglich mittels eines von diesen Papillen ausgeschiedenen Saftes heften sich die Warzen an die Unterlage an. War die Warze gezwungen, einen toten Körper als Stütze zu erfassen, so verflachen sich auf diesem die Warzen und gestalten sich zu einer Art Scheibe, die keine weitere Entwickelung zeigt und nur als Haftorgan dient; ist die Unterlage aber eine lebende Pflanze,

so drängt sich aus der Mitte der Warze ein Bündel von Zellen heraus, welches in die Unterlage direkt hineinwächst. Der Vorgang ist hierbei ein ganz eigentümlicher. Jede Warze zeigt sofort, nachdem sie entstanden, eine Art Kern, dessen Zellen in regelmäßigen Reihen geordnet und zusammen mit einigen schraubig verdickten Gefäßen ein Bündel darstellen, welches zur Achse des Cuscuta-Stengels senkrecht steht. Dieses Bündel durchbricht nun die Hülle, welche von den andern Zellen der Warze gebildet wird, und bringt in das lebende Gewebe der angefallenen Pflanze ein (s. untenstehende Abbildung, Fig. 2). Das Eindringen geschieht mit großer Kraft. Es werden die fest zusammenschließenden Zellen der Oberhaut und nicht selten eine ziemlich derbe Rinde durchbrochen, und manchmal dringt das Zellenbündel bis in den Holzkörper vor. Einmal ins Innere der Wirtpflanze gelangt, isolieren sich die bisher bündelförmig vereinigten Zellen, treten etwas auseinander, schieben sich einzeln zwischen die Zellen des Wirtes ein und wirken jetzt sehr energisch als Saugzellen.



Cuscuta Europaea, auf dem Stengel des Hopfens schmarotzend: 1. in natürlicher Größe. — 2 Durchschnitt; 40mal vergrößert. Vgl. Text, S. 161 und 162.

Sie entziehen dem Wirte organische Verbindungen und führen diese auf kurzem Wege zu den Strängen, welche sich inzwischen in der Achse des Cuscuta-Stengels ausgebildet haben und dort in einem engen Kreise gruppiert sind. Ist einmal eine solche Verbindung des Schmarotzers mit der Wirtpflanze hergestellt, so stirbt dasjenige Stück desselben, welches unterhalb der ersten Saugwarzen liegt, allmählich ab; das unterste, kolbenförmige Ende ist ohnedies schon zu Grunde gegangen, und so steht jetzt die Cuscuta-Pflanze mit dem Boden, auf dem sie gekeimt hat, nicht einmal mehr in Berührung, sondern wurzelt mit ihren Saugwarzen nur noch in der lebenden Wirtpflanze. Hat sie es gut getroffen, d. h. ist sie an eine Wirtpflanze geraten, welche mit ihrem grünen Laube eine reichliche Menge organischer Verbindungen erzeugt, also z. B. an die üppigen, saftreichen Stengel des Hopfens oder an die Nessel, die mit vielen dunkelgrünen, von weidenden Tieren der widrigen Brennhaare wegen gemiedenen und verschonten Blättern besetzt ist, so wächst sie ungemein rasch weiter, sendet unmittelbar über der untersten Gruppe der Saugwarzen schon reichlich Verzweigungen aus, die auch wieder alle mit ihren Spitzen im Kreise herumtasten, Schlingen und Saugwarzen bilden, sich mitunter auch gegenseitig umwinden und verstricken, mit ihrem Netzwerke in immer weiterm Umkreise die Wirtpflanzen überziehen und nun den Namen „Teufelszwirn", welchen der Volksmund für

diese Pflanze gewählt hat, vollauf verdienen. Es bilden sich dann auch an einzelnen Fäden dieses Gewirres kleine, kugelige Knäuel rosenroter Blüten und aus diesen weiterhin Knäuel kleiner Kapselfrüchte, welche mit einem Deckel aufspringen, und aus welchen die Winde die Samen ausschütteln.

Die europäischen Cuscuta-Arten sind sämtlich einjährig. Selbst dann, wenn sie sich mit ihren Saugwarzen an ausdauernde Pflanzen, etwa an junge Zweige von Holzgewächsen, angelegt haben, welken sie nach der Samenreife, und im nächsten Frühlinge sind höchstens noch einige verdorrte, um die Eschen- oder Weidenzweige gewundene Schlingen zu sehen. Unter der tropischen Sonne gedeihen aber auch ausdauernde Arten, wie z. B. die Cuscuta verrucosa, bei welcher die Saugwarzen dort, wo sie den Wirt einmal angefaßt haben, auch Jahre hindurch funktionieren. Wenn die mit den Saugwarzen behafteten verholzten Zweige des Wirtes in die Dicke wachsen und sich auf dem Holzkörper, bis zu welchem die Saugzellen der Warze eingedrungen waren, neue Schichten von Holzzellen bilden, so werden von diesen die Saugzellen der Cuscuta gleichsam umwallt, verlängern sich auch in dem Maße, als der Holzkörper des betreffenden Zweiges der Wirtpflanze an Umfang zunimmt, und man sieht dann das Bündel der von den Warzen herkommenden Saugzellen in dem Holze mehrerer Jahresringe eingelagert.

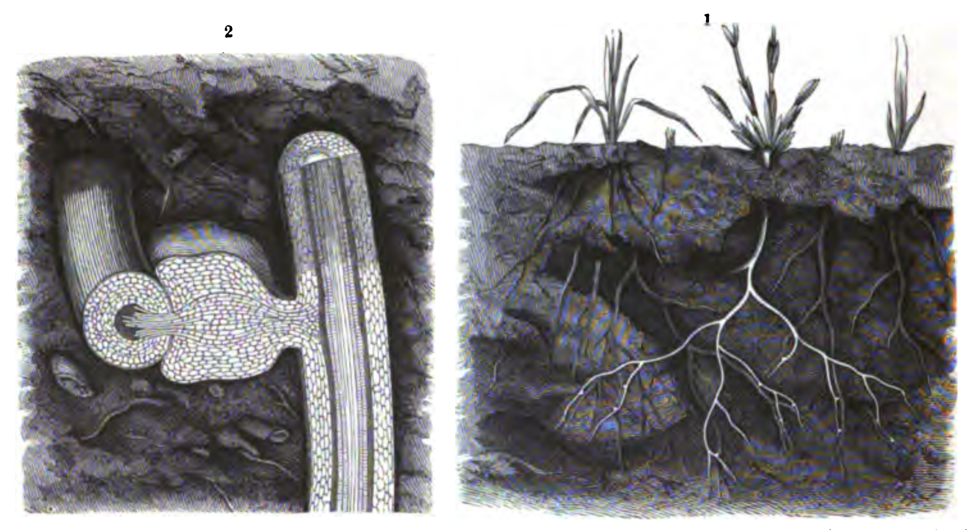
Ganz ähnlich wie die Arten der Gattung Cuscuta verhalten sich auch die oben erwähnten Kassythen. Auch bei diesen ist der Keimling, der aus dem Samen hervorkommt, fadenförmig und lebt anfänglich auf Kosten der innerhalb der Samenhaut aufgespeicherten Reservenahrung, wächst in die Höhe, verzweigt sich und sucht durch drehende Bewegungen seines obern Endes eine lebende Stütze zu erreichen, um welche er sich herumschlingt, und die er dann als Nährboden benutzt. Hier wie dort bilden sich an jenen Stellen, wo die Schlingen des fadenförmigen Stengels fest an der lebendigen Stütze anliegen, reihenförmig geordnete Warzen, aus deren Mitte ein Bündel von Saugzellen in die Wirtpflanze hineinwächst; hier wie dort vertrocknet alsbald das untere Ende des fadenförmigen Stengels und ist dadurch die Verbindung mit der Erde unterbrochen; hier wie dort kann dann der einmal mit seinen Saugwarzen an den Wirt angeheftete Schmarotzer sich vielfach verzweigen, mit seinen fadenähnlichen Stengeln alle Äste des Wirtes umspinnen und, wenn dieser ein hoher Busch ist, selbst bis in die Wipfel der Krone emporklimmen und stellenweise alles so verstricken, daß man dort das Nest eines Vogels in dem Gezweige zu sehen vermeint.

Die zweite Reihe schmarotzender Blütenpflanzen wird von Kräutern gebildet, welche grüne Laubblätter tragen, und deren Same einen mit Samenlappen (Kotyledonen) und Wurzeln ausgestatteten Keimling enthält. Die Samen keimen in der Erde, wachsen dort ohne Unterstützung eines Wirtes zur Keimpflanze heran, und erst die Wurzeläste legen sich unterirdisch mittels Saugwarzen an die Wurzeln der Wirtpflanzen an. Es gehören hierher etwa hundert Santalaceen, und zwar vorzüglich aus der Gattung Bergflachs (Thesium), und dann weit über zweihundert Rhinanthaceen. Aus dieser letztern Familie sind es insbesondere die Arten der Gattung Augentrost (Euphrasia), Klappertopf (Rhinanthus), Wachtelweizen (Melampyrum), Läusekraut (Pedicularis), dann Bartsia, Tozzia, Trixago, Odontites. Die umfangreichsten Gattungen sind Euphrasia und Pedicularis, deren Arten mit wenigen Ausnahmen auf der nördlichen Hemisphäre gefunden werden und dort in einer außerordentlichen Mannigfaltigkeit, vorzüglich in der arktischen Zone und in den Hochgebirgsgegenden des Himalaja, im Altai und Kaukasus, in den Alpen und Pyrenäen, die Grasmatten mit ihren schönen Blüten schmücken.

In den ersten Entwickelungszuständen ist an allen diesen Pflanzen von dem Schmarotzertume nicht viel zu sehen. Der Keimling des Wachtelweizens treibt binnen einer Woche eine 4 cm lange Hauptwurzel, von welcher ein halbes Dutzend Seitenwurzeln unter rechtem

Winkel abzweigt, ohne daß sogleich eine Anheftung an eine Wirtpflanze zu bemerken wäre (s. Abbildung, S. 160, Fig. n bis p). Die Saugwarzen bilden sich immer erst dann aus, wenn die Wurzeläste schon eine Länge von 12 bis 24 mm erreicht haben, und auch nur dann, wenn dieselben mit andern lebenden, ihnen zusagenden Pflanzen in Kontakt kommen, was freilich fast unvermeidlich ist, da diese Wurzeläste zahlreich sind, nach allen Richtungen von der Hauptwurzel ausgesendet werden und dabei fast unvermeidlich das Wurzelwerk andrer Pflanzen streifen müssen.

Verhältnismäßig langsam entwickelt sich die Keimpflanze der ausdauernden Thesium-Arten. Sie erreicht im ersten Jahre die Länge von 3 bis 4 cm, senkt sich mit einer Pfahlwurzel in die Erde ein und bildet einige Ästchen aus, welche sich aber erst mehrere Wochen nach der Keimung an die Wurzeln andrer Pflanzen mit Saugwarzen anheften. Diese Saugwarzen sind an allen Thesium-Arten verhältnismäßig groß und fallen auch sogleich in die



Alpen-Bergflachs (Thesium alpinum): 1. Wurzel mit Saugwarzen in natürlicher Größe. — 2. Ein Wurzelstück mit Saugwarze im Durchschnitte; 35mal vergrößert.

Augen, wenn man die Wurzeln eines Stockes sorgfältig von der Erde entblößt. Man erkennt sie dann, wie in obenstehender Abbildung, Fig. 1, zu sehen ist, als weiße Knöpfchen, welche sich von der dunkeln Erde deutlich abheben und die immer seitlich von den Wurzelästen ausgehen. An ihrer Ursprungsstelle sind sie ringsum immer deutlich eingeschnürt. Manchmal macht diese eingeschnürte Stelle den Eindruck eines kurzen Stielchens, an dem der Knopf aufsitzt. Der knopfförmige Teil der Saugwarzen gliedert sich in einen Kern und in eine vielzellige, rindenartige Umhüllung dieses Kernes. Diese rindenförmige, zellige Masse legt sich an die angefallene Wurzel der Wirtpflanze nicht nur an einem Punkte an, sondern breitet sich über dieselbe wie eine plastische Masse aus und umwallt wulstförmig etwa den vierten oder dritten Teil ihres Umfanges (s. Fig. 2), ohne aber in die Substanz der Nährwurzel selbst einzudringen. Im Kerne finden sich zwei Stränge oder Gefäßbündel und zwischen diesen reihenweise geordnete kleine Zellen, aus denen dort, wo die Saugwarze der Nährwurzel sich zuerst anlegte, Saugzellen hervorgehen, welche über die rindenartige Umhüllung des Kernes hinauswachsen, die Rinde des Wirtes durchbohren, in den zentralen Holzkörper der befallenen Wurzel eindringen und dort wie die Haare eines trocknen Pinsels auseinander laufen.

Die Saugwarzen der grün belaubten Rhinanthaceen sind im ganzen genommen ähnlich gestaltet, nur verhältnismäßig kleiner, zarter, mitunter fast durchscheinend und an der

Basis gar nicht oder doch nur unbedeutend eingeschnürt. Während sie bei dem Bergflachs immer nur seitlich von den Verzweigungen der Wurzeln ausgehen, entstehen sie bei den Rhinanthaceen manchmal auch an der Spitze derselben. Eine Gliederung in Kern und rindenartige Umhüllung ist niemals deutlich ausgesprochen; durch die Mitte der Saugwarze erstreckt sich ein Gefäßbündel, welches von dickwandigen Zellen umgeben ist. Überdies sind die Saugzellen kürzer als bei den Santalaceen. Unter sich zeigen die einzelnen Gattungen der Rhinanthaceen in betreff der Saugwarzen nur sehr geringe Verschiedenheiten. An den Wurzeln des Augentrostes (Euphrasia) bilden die Saugwarzen winzige, rundliche Knötchen, welche der Wurzel des Wirtes nur anliegen, ohne sie zu umwallen. Die Saugzellen sind sehr kurz und dringen kaum in die Wirtpflanze ein. Das Gefäßbündel in der Mitte der Saugwarze fehlt, oder es erscheint an dessen Stelle nur ein einziges, verhältnismäßig großes Gefäß. An den Wurzeln des Klappertopfes (Rhinanthus) sind die Saugwarzen kugelig, ziemlich groß (bis zu 3 mm), ihr Rand ist stark gewulstet und umwallt die angefallene Wurzel des Wirtes manchmal um mehr als die Hälfte ihres Umfanges. Die Saugzellen sind kurz, aber sehr zahlreich. Mit den Saugwarzen des Klappertopfes stimmen jene des Wachtelweizens (Melampyrum) in Form und Größe sowie auch in betracht der Kürze der Saugzellen ganz überein, aber hier umwallt der Rand der Warzen nicht nur die Wurzel der Wirtpflanze, sondern klammert sich an dieselbe auch noch in der Weise an, daß er in sie eindringt und eine kreisförmige Furche in derselben bildet.

Alle diese genannten Rhinanthaceen sind einjährige Kräuter. Die Zahl der Saugwarzen ist bei ihnen eine geringe, und sie entgehen daher auch sehr leicht der Beobachtung. Zur Zeit, wenn diese Gewächse ihre Samen ausreifen, ist jenes Wurzelstück des Wirtes, welches angefallen wurde, meist schon gebräunt, getötet und in Zerfall begriffen. Es verdorrt aber kurz darauf auch der Schmarotzer selbst; seine vergleichsweise großen, mit reichlicher Reservenahrung für den Keimling versehenen Samen fallen aus den trocknen Kapselfrüchten, gelangen gewöhnlich in nicht sehr großer Entfernung von der Mutterpflanze auf den Boden und kommen dort bald wieder zum Keimen. Man kann im Herbste neben noch teilweise grünenden Wachtelweizenpflanzen, aus deren untersten Kapseln aber die Samen bereits ausgefallen sind, einzelne dieser Samen in dem feuchten Moose und Moder des Waldgrundes schon wieder keimen sehen. Wenn sie nicht sehr weit von der Mutterpflanze auf den Boden gefallen waren, so kann es auch geschehen, daß die Keimpflanzen denselben Wirt anfallen, welchem die Mutterpflanze im abgelaufenen Sommer einen Ast seiner Wurzel ausgesaugt und getötet hatte.

Fast alle diese einjährigen, grün belaubten Schmarotzer erscheinen in großer Individuenzahl nebeneinander. Wo z. B. in einem Walde eine Art des Wachtelweizens ihr Standquartier aufgeschlagen hat, finden sich immer Bestände aus Hunderten und Tausenden von Exemplaren beisammen. Der kleinblütige Klappertopf wächst auf den feuchten Wiesen oft so massenhaft, daß man glauben möchte, er sei hier scheffelweise ausgesäet worden. Ähnlich verhält es sich auch mit dem großblütigen, haarigen Klappertopfe auf den Äckern, und nun gar der Augentrost mit seinen zahlreichen Arten kommt in solchen Mengen in den Gebirgsgegenden vor, daß sich zur Zeit, wenn seine milchweißen, kleinen Blumen geöffnet sind, förmliche Milchstraßen durch die grünen Wiesen ziehen. Milliarden derselben stehen, in dem grasigen Boden wurzelnd, nebeneinander, und man möchte wohl glauben, daß an solchen Stellen der Graswuchs mit der Zeit Schaden leiden müßte. Diese Annahme scheint noch dazu durch die Behauptung der Landbevölkerung bestätigt zu werden, der zufolge zur Zeit, wenn der Augentrost in voller Blüte steht, der Milchertrag der Kühe sich verringert, woraus sich auch der Name Milchdieb, welchen diese Pflanze im Volksmunde führt, erklärt. Die Abnahme des Milchertrages steht aber gewiß mit andern

Umständen, insbesondere mit der allgemeinen Abnahme des Zuwachses der Gräser im beginnenden Herbste und der dadurch bedingten Verringerung der Nahrung auf den Weiden, in Zusammenhang, und der Schade, welchen der Augentrost den befallenen Wirtpflanzen durch Entziehung der Nahrung und durch Vernichtung einzelner Wurzelfasern zufügt, kann wohl kein bedeutender sein, da das Aussehen der angefallenen und der nicht angefallenen Gräser und andrer auf der Wiese wachsender Wirtpflanzen keinen merkbaren Unterschied erkennen läßt.

Das Gleiche gilt auch von den Läusekrautarten (Pedicularis), die fast durchgehends Wiesenpflanzen sind, namentlich auf Berg- und Alpenwiesen häufig vorkommen, eine Benachteiligung der mit ihnen gesellig wachsenden und als Wirtpflanzen benutzten Arten aber nicht wahrnehmen lassen. Fast alle Pedicularis sind übrigens im Gegensatze zu den Wachtelweizen-, Klappertopf- und Augentrostarten ausdauernd und weichen dem entsprechend auch in der Saugwarzenbildung von den zuletzt genannten ab. In der Gestalt ist zwar zwischen den Saugwarzen des Wachtelweizens und jenen der Pedicularis-Arten kein Unterschied, wohl aber in der Größe und in betreff der Ursprungsstelle. Die Saugwarzen der ausdauernden Pedicularis-Arten sind nämlich fast um die Hälfte kleiner und nur in der Nähe des verschmälerten Endes der Wurzelfasern entwickelt. Ihre Zahl ist sehr gering; jede der langen, dicken und fleischigen Wurzelfasern, welche von der Basis des Stengels ausgeht, entwickelt gewöhnlich nur eine einzige Saugwarze, und diese legt sich an die Wurzel einer entsprechenden Wirtpflanze ganz ähnlich wie jene vom Wachtelweizen an. Bis zur Fruchtreife des Schmarotzers ist dann das angefallene Wurzelstück des Wirtes gewöhnlich schon gebräunt und in Zerfall begriffen. Für den Wachtelweizen kann es nun allerdings gleichgültig sein, ob zur Zeit seiner Fruchtreife das von ihm angefallene Wurzelstück des Wirtes noch lebendig ist oder nicht, da seine eigne einjährige Wurzel alsbald verwest, nachdem sich oberirdisch aus den Blüten die Samen ausgebildet haben. Nicht so bei Pedicularis. Die ausdauernden Wurzeln dieser Gewächse bedürfen auch für das nächste Jahr einer nährenden Wirtpflanze, und wenn das heuer angefallene, als Nährboden benutzte und ausgesaugte Wurzelstück des Wirtes abstirbt, so ist auch die Saugwarze der schmarotzenden Wurzel nicht mehr in der Lage, ihrer Aufgabe nachzukommen und noch fernerhin frische Säfte anzusaugen. Solche nicht mehr funktionierende, in Ruhestand versetzte Saugwarzen gehen auch bald zu Grunde, und man sieht dort, wo sie waren, nur noch eine kleine Narbe. Die ausdauernde Pedicularis-Wurzel muß jetzt nach einem neuen Nährboden suchen, und das geschieht in der Weise, daß ihre Spitze sich verlängert und so lange fortwächst, bis die lebendige Wurzel einer andern Wirtpflanze erreicht wird, an die sie sich dann sofort mit einer neuen Saugwarze anlegt. Eine solche Verlängerung der Wurzel bedarf allerdings viel Baumaterial. Dieses aber findet sich reichlich in den ältern Teilen der Schmarotzerwurzel aufgespeichert.

Aus diesen Umständen erklären sich, wenigstens teilweise, der eigentümliche Bau und die ganz unverhältnismäßige Länge der Pedicularis-Wurzeln. Von dem kurzen, meist nur 1/2—2 cm langen, aufrechten Wurzelstocke gehen nämlich ringsum fleischige, mit Stärkemehl, Öl und andern Reservestoffen reichlich erfüllte Fasern von der Dicke eines Federkieles, ja bei manchen Arten bis zur Länge und Dicke eines kleinen Fingers, aus, welche sich im Laufe der Zeit bis zu 20 cm verlängern und nach allen Seiten in den von dem Wurzelwerke der Gräser, Seggen und verschiedenen andern Pflanzen durchsetzten schwarzen Wiesenboden ausstrahlen, sich dort von Jahr zu Jahr mit einer oder ein paar neuen Saugwarzen an zusagenden Wirten anheften und dieses Spiel so lange wiederholen, bis endlich ihre Spitzen in eine wurzelfreie Erde gelangen, in welcher sie keine Beute mehr finden, und wo dann auch ihr Längenwachstum aufhört. So erklärt sich auch, warum diese langen

Pedicularis-Wurzeln niemals senkrecht in die Tiefe des Erdreiches hinabsteigen, sondern sich nur in den obern Schichten des Wiesenbodens halten, wo eine Unmasse von andern Wurzeln sich kreuzt, und wo die größte Wahrscheinlichkeit vorhanden ist, daß die fortwachsende verschmälerte Spitze mit der Wurzel irgend eines neuen Wirtes zusammentrifft.

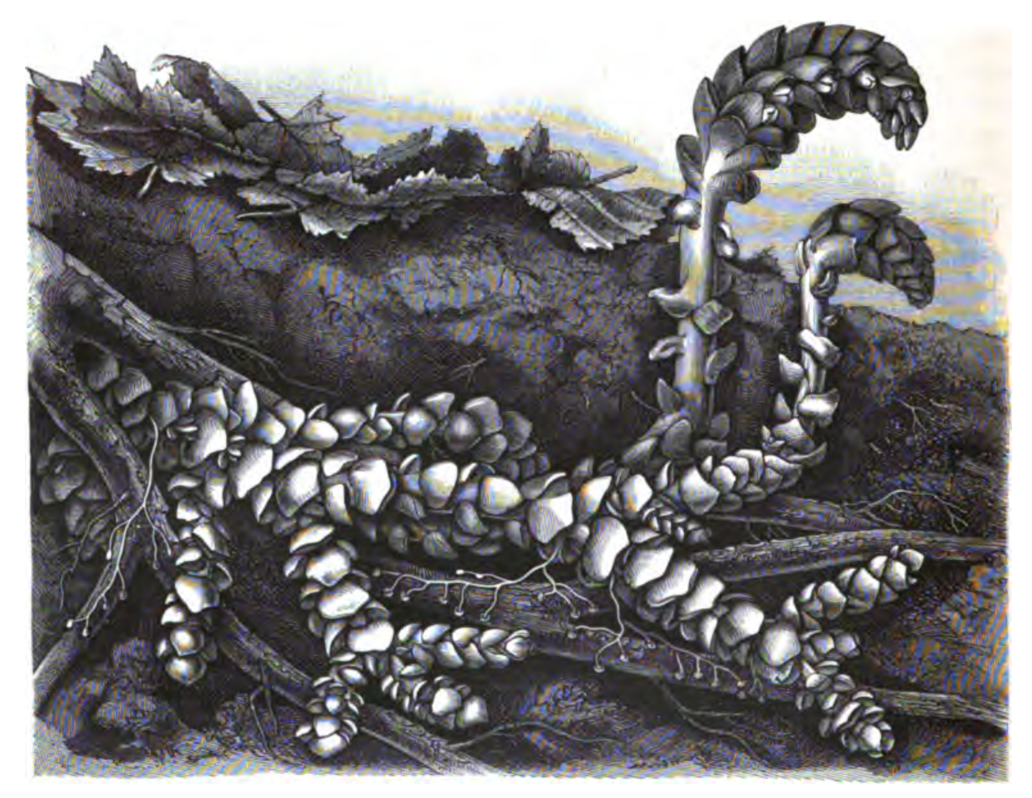
Die Alpen-Bartsia (Bartsia alpina), eine in der arktischen Flora sowie in den Hochgebirgen Europas auf feuchten, moorigen, begrasten Stellen häufig vorkommende ausdauernde Rhinanthacee, welche durch die düstere schwärzlichviolette Färbung ihrer Blätter und Blüten ausgezeichnet ist und welche schon früher unter den tierfangenden Gewächsen aufgeführt wurde, besitzt an den Verzweigungen der Wurzeln Saugwarzen, ganz ähnlich denjenigen des Klappertopfes (Rhinanthus), mit welchen sie sich an die Wurzelfasern von Gräsern und Riedgräsern anlegt und diese aussaugt; an ihren unterirdischen ausläuferartigen, mit kleinen, weißlichen Schuppen besetzten Stengeln aber finden sich auch lange Saugzellen (Wurzelhaare), welche deutlich gegliedert sind und welche aus der umgebenden Dammerde Nahrung aufnehmen. Diese Bartsia ist demnach halb Schmarotzer-, halb Verwesungspflanze, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß auch noch so manche andre ausdauernde Rhinanthaceen sich ähnlich verhalten.

Den Pedicularis-Arten, welche die umfangreichste Gruppe dieser ausdauernden, grün belaubten und schmarotzenden Rhinanthaceen bilden, fehlen zwar schlauchförmige Saugzellen (Wurzelhaare) sowohl an den unterirdischen Stengelbildungen als auch an der Wurzelspitze (abgesehen von jenen, welche in der Mitte der Saugwarze sich ausbilden); aber der Bau der Oberhautzellen an den Wurzeln und auch der Umstand, daß diese Oberhautzellen immer mit dunkeln Humusklümpchen verwachsen sind, würde nicht dagegen sprechen, daß diese Gewächse neben der Nahrung, welche sie durch ihre Saugwarzen aus dem überfallenen Wirte gewinnen, auch noch aus der Dammerde des Wiesenbodens organische Verbindungen aufzunehmen im stande sind. Diese Annahme findet auch darin eine Stütze, daß es mir gelungen ist, eine Rhinanthaceenart, nämlich Odontites lutea, aus Samen in einem Erdreiche heranzuziehen, welches aus Sand mit beigemengtem Humus bestand, in welchem aber keine einzige andre Pflanze wurzelte, so daß daher auch die Möglichkeit des Entnehmens von Nährstoffen aus andern Gewächsen ausgeschlossen war. Allerdings blieben die auf solche Weise herangezogenen Pflanzen vergleichsweise klein und kümmerlich und entwickelten auch nur wenige Blüten und Früchte; immerhin dürfen dieselben aber als Beweis dafür angesehen werden, daß es Gewächse gibt, welche in der Regel zwar schmarotzen, die aber unter Umständen auch ohne Beihilfe von Wirtpflanzen in der Dammerde bestehen können.

Die dritte Reihe schmarotzender Blütenpflanzen ist im Gegensatze zu der aus zahlreichen grün belaubten Santalaceen und Rhinanthaceen gebildeten zweiten Reihe wenig umfangreich. D i e h i e r h e r g e h ö r e n d e n A r t e n u n t e r s c h e i d e n s i c h v o n j e n e n d e r z w e i t e n R e i h e v o r z ü g l i c h d u r c h d e n M a n g e l a n C h l o r o p h y l l, s i n d d u r c h g e h e n d s G e w ä c h s e, d i e u n t e r i r d i s c h a u f d e n W u r z e l n v o n B ä u m e n u n d S t r ä u c h e r n l e b e n, z a h l r e i c h e t i e f i n d e r E r d e g e b o r g e n e, d i c h t b e s c h u p p t e, b l ü t e n l o s e, a u s d a u e r n d e S p r o s s e e n t w i c k e l n, n e b e n d i e s e n a b e r a l l j ä h r l i c h a u c h v e r g ä n g l i c h e, m i t B l ü t e n b e s e t z t e S t e n g e l a n d a s L i c h t e m p o r s c h i e b e n, w e l c h e d o r t F r ü c h t e r e i f e n u n d n a c h d e m A u s f a l l e n d e r S a m e n w i e d e r a b s t e r b e n.

Als der bekannteste Repräsentant kann die auf S. 168 abgebildete S c h u p p e n w u r z (Lathraea Squamaria) gelten, welche schon bei früherer Gelegenheit als eine von gefangenen und in eignen Behältern verdauten Infusorien sich nährende Pflanze besprochen wurde und die gleich der Bartsia als merkwürdiges Beispiel eines Gewächses gelten kann, welches zum Teile von den aus getöteten Tieren, zum Teile von den aus lebenden Wirtpflanzen gesaugten Säften lebt. In früherer Zeit wurde die Schuppenwurz mit Rücksicht auf die

Gestalt ihrer Kapseln zur Familie der Braunschupper (Orobancheen) gezählt, von der sie sich aber durch eine ganz andre Form des Keimlinges unterscheidet. Während nämlich der Keimling der Braunschupper, dessen Entwickelung und dessen Anheftung an die Wirtpflanze uns auf den nächsten Blättern beschäftigen wird, einen Faden darstellt, an welchem keine Spur von Samenlappen zu bemerken ist, erscheint der Keimling der Schuppenwurz deutlich in ein Würzelchen, in Samenlappen und in die Anlage eines Stengels gegliedert und stimmt in dieser Beziehung vollständig mit den Rhinanthaceen überein. Auch in der Art und Weise, wie die Schuppenwurz die Wirtpflanzen anfällt und ihnen die Nahrung entzieht, herrscht eine weit größere Ähnlichkeit mit den Rhinanthaceen als mit den Braunschuppern.



Schuppenwurz (Lathraea Squamaria) mit Saugwarzen an Pappelwurzeln. Vgl. Text, S. 167 und 169.

Der Same der Schuppenwurz keimt auf der feuchten Erde; das Würzelchen des Keimlinges, welches anfänglich auf Kosten der im Samen aufgespeicherten Reservenahrung wächst, dringt senkrecht in die Tiefe und sendet seitliche Verzweigungen aus, die wie die Hauptwurzel einen schlängeligen Verlauf nehmen und in feuchtem, lockerm Erdboden förmlich nach einem geeigneten Nährboden suchen. Treffen sie auf die lebende Wurzel einer Esche, Pappel, Hainbuche, Hasel oder sonst irgend eines andern Laubholzes, so legen sie sich an diese sofort an und entwickeln an den Berührungsstellen Saugwarzen, welche anfänglich die Gestalt kugeliger Knöpfchen besitzen, aber, an Größe zunehmend, alsbald die Form von Scheiben erhalten, welche mit der abgeplatteten Seite der Wurzel des Wirtes aufsitzen, mit der konvexen, halbkugeligen Seite dem Würzelchen des Schmarotzers zugewendet sind. Die scheibenartigen Saugwarzen heften sich mittels einer klebrigen Substanz der äußersten Zellschicht der überfallenen Wurzel an. Wie bei den vorhergehend besprochenen Schmarotzern, wächst auch

hier aus dem Kerne der Saugwarze ein Bündel von Saugzellen in die Wurzel der Wirtpflanze hinein, so daß die Enden der Saugzellen bis zu dem Holze der Wurzel gelangen. Das Stengelende der Keimpflanze, durch diese Verbindung aus den Säften der Wirtpflanze ernährt, wächst nun sehr rasch heran, verlängert sich, entwickelt dicke, fleischige, weiße, schuppenförmige, dicht übereinander liegende Blätter und erhält so das Ansehen eines aufgeklenkten Fichtenzapfens. Die schuppigen Stengel verzweigen sich auch unterirdisch, und so entsteht allmählich ein wunderliches Gebilde von sich kreuzenden und verschränkenden, weiß beschuppten, zapfenähnlichen Sprossen, welches die Nischen und Schlingen zwischen den holzigen Wurzeln der befallenen Laubbäume ganz erfüllt. Stöcke im Umfange von 1 qdm und einem Gewichte von 5 kg sind keine Seltenheit. Von dem Ende der beschuppten unterirdischen Sprosse erheben sich dann über die Erde die Blütenstände, deren Spindel, anfänglich hakenförmig gekrümmt, bis zur Fruchtreife sich gerade emporstreckt. Während die unterirdischen Teile weiß wie Elfenbein sind, zeigen die über die Erde emporgeschobenen Blüten und Deckblätter eine violettrötliche Farbe. Die zuerst aus dem Keimlinge hervorgegangenen Wurzeln und deren Saugwarzen genügen einem so umfangreich gewordenen Stocke längst nicht mehr zur Gewinnung der nötigen Nahrung, und es entstehen daher jährlich auch Beiwurzeln, welche von den Stengeln entspringen und gegen die holzigen, lebendigen, fingerdicken Wurzeläste des angefallenen Baumes oder Strauches hinwachsen. Hier gabeln sie sich in zahlreiche dickliche, fadenförmige Ästchen, welche sich an die Rinde der Nährwurzel anlegen und über diese ein förmliches Netz spinnen. Mitunter verwachsen auch zwei oder drei dieser Wurzelfäden des Schmarotzers miteinander und bilden Schlingen, wodurch dann um so mehr der Eindruck eines Netzes oder Geflechtes hervorgebracht wird. An den Seiten dieser Wurzelfäden, ganz vorzüglich aber an den Enden der Verzweigungen, bilden sich nun die Saugwarzen aus, wie sie früher geschildert wurden.

Die Schuppenwurz ist eine in so vielfacher Beziehung interessante Pflanze, daß noch wiederholt auf sie die Rede kommen wird. Wie schon oben erwähnt, erscheint sie als Vorbild für eine Reihe von Schmarotzern, welche durch den Mangel an Chlorophyll mit den Cassytha- und Cuscuta-Arten, durch die Gestalt und Entwickelung des Keimlinges sowie durch die Form der Saugwarzen mit den Rhinanthaceen und dadurch, daß sie auf den Wurzeln von Holzgewächsen schmarotzt, mit den nachfolgend zu besprechenden Balanophoreen übereinstimmt. Die abgebildete Lathraea Squamaria (s. Abbildung, S. 168) ist in Europa und Asien heimisch, und es erstreckt sich ihr Verbreitungsbezirk von England ostwärts bis in den Himalaja und von Schweden südwärts bis Sizilien. Zwei Arten sind auf den Orient, die Krim und den Balkan beschränkt, und eine weitere, durch große, nur wenig über die Erde emporgehobene Blüten ausgezeichnete Schuppenwurz (Lathraea clandestina) ist im westlichen und südlichen Europa von Flandern durch Frankreich nach Spanien und Italien verbreitet. Diese letztere ist dadurch ausgezeichnet, daß sie an den gelben, federkieldicken Wurzeln scheibenförmige Saugwarzen von der Größe einer Linse ausbildet, die größten Saugwarzen, welche bisher an irgend einer Pflanze beobachtet wurden.

Braunschupper, Balanophoreen, Rafflesiaceen.

Die vierte Reihe der schmarotzenden Blütenpflanzen wird von chlorophyllosen Gewächsen gebildet, deren Same einen formlosen Keimling ohne Samenlappen und ohne Würzelchen enthält. Der Same keimt auf der Erde, der Keimling wächst als ein fadenförmiger Körper in den Boden, heftet sich dort an die Wurzel einer Wirtpflanze an, drängt sich in diese ein und verwächst mit derselben zu einem Knollenstocke, aus welchem sich später blütentragende Stengel über die Erde erheben.

Es gehören hierher die Braunschupper oder Orobancheen und die Balanophoreen. Von der unter dem deutschen Namen Sommerwurz bekannten Gattung Orobanche kennt man beiläufig 180 Arten, die im Blütenbaue sowie in ihrer ganzen Entwickelung große Übereinstimmung zeigen und zumeist nur durch minutiöse Merkmale unterschieden werden können. Der blütentragende, aus dem unterirdischen Knollenstocke hervorgewachsene Stengel ist bei allen Arten steif, aufrecht, dick, fleischig und mit zahlreichen an der Spitze vertrocknenden Schuppen besetzt; die offenen, rachenförmigen Blüten sind in eine endständige Ähre zusammengedrängt und entwickeln häufig einen starken Geruch, der an Nelken, mitunter auch an Veilchen, erinnert. Die Farbe der Blüten ist bei einer Gruppe (Phelypaea) zumeist blau oder violett, bei den andern wachsgelb, gelblichbraun, schwarzbraun, rosenrot, fleischfarbig oder weißlich. Die in Nordafrika heimischen Orobanche violacea und Orobanche lutea besitzen Stengel, die ½ m hoch und fast armsdick werden. Die bekannteste Art ist der Hanfwürger (Orobanche ramosa), welcher auf den Wurzeln der Hanf- und Tabakspflanze schmarotzt und sehr weit verbreitet ist. Die größte Artenzahl gehört dem Oriente und dem südlichen Europa an. Der hohe Norden Amerikas beherbergt eine Art, welche am Ende des Stengels nur eine einzige Blüte trägt. Bei allen Arten ragt der Stengel nur zum Teile über die Erde empor, der unterirdische Teil desselben, welcher der Wurzel einer Wirtpflanze aufsitzt, ist oberhalb der Stelle der Anheftung häufig aufgetrieben und stark verdickt; die in den Nilländern verbreitete Striga orobanchoides erscheint oberhalb der Wurzel des Wirtes unregelmäßig lappig. Auch die Wurzel der Nährpflanze ist dort, wo sich eine schmarotzende Orobanche angesiedelt hat, meistens etwas angeschwollen und zeigt mitunter eine unregelmäßige Wucherung, die den Ansatzpunkt der Orobanche schalenförmig umwallt. Außerhalb der Anheftungsstelle des Schmarotzers ist die Wurzel der Wirtpflanze häufig wie abgebissen, was davon herrührt, daß dieses Stück durch den Angriff des Schmarotzers getötet und zerstört wurde. In der Nähe des Ansatzpunktes entspringen von der Basis des Stengels dicke, kurze, fleischige Fasern, von denen sich die eine oder andre mit ihrer Spitze zur Wurzel der Nährpflanze hinkrümmt und dort anheftet. Bei manchen Arten sind diese Fasern sehr zahlreich, verschlingen und verschränken sich und bilden ein Geflecht, welches lebhaft an jenes der Nestwurz erinnert, wie denn überhaupt eine unleugbare Ähnlichkeit der Orobancheen mit den der grünen Blätter beraubten Orchideen (Neotia, Corallorhiza, Epipogum, Limodorum), welche S. 103 besprochen wurden, besteht.

Die Ansiedelung der schmarotzenden Orobancheen auf den Wurzeln der Wirtpflanzen findet in folgender Weise statt. Der Keimling, welcher in dem sehr kleinen Samen eingebettet liegt, zeigt keine Spur einer Gliederung in Wurzel und Stengel, er besitzt auch keine Samenlappen oder Kotyledonen, sondern besteht nur aus einer Gruppe von Zellen, welche wieder von andern mit Reservenahrung erfüllten Zellen umgeben ist. Auch wenn dieser Keimling aus dem Samen hervorwächst, wobei er die Reservenahrung aufzehrt, zeigt er keinen Unterschied zwischen Wurzel, Stengel und Blättchen, sondern bildet einen schlangenförmig gewundenen Faden, der noch immer aus dünnen, zarten Zellen zusammengesetzt ist. An dem einen Ende ist diese fadenförmige Keimpflanze noch mit der Samenhaut wie von einer dunkeln Mütze bedeckt (s. Abbildung, S. 160, Fig. 8), und dieses Ende kann man wohl als das Stengelende bezeichnen, so wie man das entgegengesetzte Ende als Wurzelende auffassen mag. Wie die fadenförmige Keimpflanze des Teufelszwirnes (Cuscuta) nach aufwärts, so streckt sich jene der Sommerwurz nach abwärts. Dabei folgt die abwärts wachsende Spitze einer Schraubenlinie und sucht gewissermaßen in der Erde nach der Wurzel einer passenden Wirtpflanze. Ist ihr Suchen vergeblich, und ist inzwischen auch die Reservenahrung im Samen vollständig aufgezehrt, so beginnt die Keimpflanze zu welken, schrumpft, bräunt sich und vertrocknet. Es fehlt ihr die Fähigkeit, sich aus

der umgebenden Erde zu ernähren. Gelangt aber das tastende untere Ende der Keimpflanze auf die lebende Wurzel einer ihr zusagenden Wirtpflanze, so legt sich dasselbe nicht nur dicht an, sondern verdickt sich und zwar derart, daß das junge Pflänzchen jetzt den Eindruck einer Flasche macht (s. Abbildung, S. 160, Fig. 10, 11). Noch immer ist das obere Ende mit der Samenschale umgeben; in dem Maße aber, als das untere Ende sich verdickt, schrumpft der obere Teil zusammen, und es ist schließlich keine Spur desselben mehr wahrzunehmen. Der verdickte Teil dagegen, welcher sich an die Wurzel des Wirtes angelegt hat, ist inzwischen knotig und warzig geworden; die Warzen wachsen teilweise in verlängerte Zapfen aus, und nun sitzt die junge Pflanze der Sommerwurz in Gestalt eines Streitkolbens der Nährwurzel auf (s. Abbildung, S. 160, Fig. 12). An der Anheftungsstelle hat sich einer der Zapfen auch in die Wurzelrinde eingesenkt und wächst hier, alle Zellen der Rinde auseinander drängend, mit großer Kraft einwärts, bis er den Holzkörper der Nährwurzel erreicht. Im Rumpfe der streitkolbenähnlichen jungen Pflanze entstehen nun auch Gefäße, welche, die Mitte des in die Wirtpflanzenwurzel eingekeilten Zapfens durchsetzend, mit den Gefäßen dieser Wurzel in Verbindung treten. Gegenüber der Verbindungsstelle von Wirt und Schmarotzer aber bildet sich eine Knospe aus, welche mit der Zwiebel der weißen Lilie oder des Türkenbundes (Lilium Martagon) am besten verglichen werden könnte. Aus dieser reichbeschuppten Knospe wächst dann endlich der kräftige, dicke Stengel hervor, der die Erde durchbricht und die Blütenähre an das Sonnenlicht emporhebt.

Das in die Wurzel der Wirtpflanze eingesenkte Stück der Sommerwurz .ist mit den einzelnen Teilen dieser Wurzel zu einem Knollenstocke so innig verwachsen, daß es meist schwierig ist, festzustellen, welche Zellen dem Schmarotzer, welche dem Wirte angehören. Das geht so weit, daß man nicht einmal mit Sicherheit angeben kann, wo die Oberhaut der Nährwurzel aufhört und die Oberhaut der Sommerwurz anfängt. Die Sommerwurz macht ganz und gar den Eindruck, als wäre sie ein Ast, welcher aus der angefallenen Wurzel hervorgewachsen ist, und es wird bei dem Anblicke dieser Verbindung erklärlich, wie ältere Botaniker, welche die Entwickelungsgeschichte dieser Schmarotzer nicht kannten, auf den Einfall kommen konnten, es seien derlei Schmarotzer gar nicht aus Samen hervorgegangen, sondern sie seien krankhafte Auswüchse der zur Unterlage dienenden Wurzel, entstanden aus verdorbenen Säften derselben, „Pseudomorphosen", welche an Stelle beblätterter Zweige aus der krankhaften Wurzel hervorsprießen.

Es verdient noch erwähnt zu werden, daß auch einzelne der dicken, fleischigen Fasern, welche seitlich aus der knotigen, morgensternartigen jungen Pflanze hervorgehen, sich gegen die Wurzel des Wirtes hinkrümmen, mit der Spitze in die Rinde eindringen und sich dann ganz ähnlich verhalten wie jener Zapfen, welcher an dem ersten Anheftungspunkte der Keimpflanze sich einkeilte. Ob die andern Fasern, welche frei in der Erde endigen, befähigt sind, aus der Erde Nahrung aufzunehmen, ob diese Fasern nur bei den mehrjährigen Arten vorkommen und zum Ausgangspunkte für neue Stöcke werden, und ob dieselben als Wurzel- oder Stengelgebilde aufgefaßt werden sollen, mag dahingestellt bleiben.

Sehr beachtenswert ist es übrigens, daß von vielen Braunschuppern nur diejenigen Keimlinge sich weiter entwickeln, welche an die ihnen zusagende Wirtpflanze gelangen. Wenn auch nicht jede Spezies von Orobanche nur an eine einzige Pflanzenart als Ernährerin gebunden erscheint, so ist doch so viel gewiß, daß die meisten derselben nur auf einem ziemlich beschränkten Artenkreise gedeihen, die eine nur auf Wermut-, die andre nur auf Pestwurz-, die dritte nur auf Gamanderarten. Orobanche Teucrii z. B. kommt auf Teucrium Chamaedrys, Teucrium montanum &c., aber doch immer nur auf Arten der Gattung Teucrium vor. Man denke sich nun einen dicht mit Pflanzen überzogenen Hügel, auf welchem Teucrium montanum in Gesellschaft von Thymian, Sonnenröschen,

Kugelblumen, Seggen und Gräsern nicht gerade häufig wächst, so daß nur hier und da ein Stock dieser Pflanze steht; an einer Stelle habe sich Orobanche Teucrii eingenistet, diese sei zur Blüte gelangt, habe Früchte ausgebildet, und der Wind schüttle aus den reifen Fruchtkapseln die winzigen Samen heraus. Bei der außerordentlichen Kleinheit und Leichtigkeit der Schuppenwurzsamen wird jeder Windstoß unzählige derselben über den ganzen Hügel und noch darüber hinaus ausstreuen. Nun kommt es zum Keimen. Aus den Samen sprießen in der oben angegebenen Weise die fadenförmigen Keimlinge hervor und dringen in die Erde ein. Bei dem zerstreuten Vorkommen des Teucrium montanum auf dem betrachteten Hügel werden nur verhältnismäßig wenige Keimpflänzchen an die Wurzeln des Teucrium montanum, dagegen viele Tausende an die Wurzeln des Thymians, der Sonnenröschen, Kugelblumen, Seggen und Gräser stoßen. Aber wie merkwürdig: nur jene Keimpflanzen der Orobanche Teucrii, welche mit den Wurzeln des Teucrium montanum in Berührung kommen, setzen sich fest, dringen ein und entwickeln sich weiter, während die vielen andern, welche an die Wurzeln des Thymians und der andern genannten Pflanzen gelangen, zu Grunde gehen. Es läßt sich diese Erscheinung kaum anders als durch die Annahme erklären, daß nur die Wurzeln des Teucrium montanum vermöge ihres eigentümlichen Baues und vermöge ihres Gehaltes an bestimmten Stoffen für die Keimpflanzen der Orobanche Teucrii einen geeigneten Nährboden, beziehentlich einen Anziehungspunkt abgeben, nicht aber auch die Wurzeln des Thymians, der Sonnenröschen und der weitern mit dem Teucrium montanum gesellig auf dem Hügel wachsenden Pflanzen.

Während die Braunschupper eine Pflanzenfamilie bilden, deren Arten zwar sehr zahlreich, aber in ihrem Blüten- und Fruchtbaue, in ihrer Entwickelungsgeschichte und in ihrem ganzen Gepräge einander so ähnlich sind, daß man nach kleinlichen Unterscheidungsmerkmalen suchen muß, um sie halbwegs übersichtlich in Gruppen zusammenstellen zu können, verhalten sich die Balanophoreen, welche mit den Braunschuppern oder Orobancheen der vierten Reihe der schmarotzenden Blütenpflanzen angehören, gerade umgekehrt. Man kennt nämlich von denselben nur vierzig Arten, diese sind aber so sehr abweichend, daß auf Grund der auffallenden Verschiedenheiten nicht weniger als vierzehn Gattungen unterschieden wurden, in welche sich diese vierzig Arten ziemlich gleichmäßig verteilen. Auch in betreff der Verbreitung und des Vorkommens stehen sie in einem auffallenden Gegensatze zu den Braunschuppern sowohl als auch zu den früher geschilderten Rhinanthaceen. Die Braunschupper sind insbesondere in der mittelländischen Flora und im Oriente verbreitet, und die Rhinanthaceen zieren, wie schon bemerkt wurde, vorwaltend die sonnigen Grasmatten im arktischen Gebiete und in den Hochgebirgsgegenden der nördlichen Hemisphäre. Die Balanophoreen dagegen finden sich nur in einem die Alte und Neue Welt umspannenden Gürtel, der nord- und südwärts über die äquatoriale Zone wenig hinausreicht, und fast alle bewohnen die düstern Gründe der Urwälder, wo sie auf den mit Dammerde bedeckten Wurzeln von Holzgewächsen schmarotzen.

Ausschließlich auf das tropische Amerika beschränkt ist die Balanophoreengattung Langsdorffia. Eine Art derselben (Langsdorffia Moritziana) ist in den feuchten Wäldern von Venezuela und Neugranada zu Hause, wo sie auf den Wurzeln von Palmen und Feigenbäumen schmarotzt; eine zweite Art (Langsdorffia rubiginosa) findet sich in Guayana und Brasilien, namentlich im Quellengebiete des Orinoko, und die dritte, die häufigste von allen (Langsdorffia hypogaea), von der wir auf S. 173 eine Abbildung einschalten, erstreckt ihren Verbreitungsbezirk von Mexiko bis in das südliche Brasilien. Alle fliehen sie die heißen Gelände und halten sich mehr in den kühlern Regionen auf; die zuerst genannte Art wurde sogar noch in dem Höhengürtel von 2000 bis 3000 m gefunden. Abweichend von

allen andern Balanophoreen, zeigt Langsdorffia einen cylinderförmigen, von den Anheftungsstellen an der Nährwurzel weg aufsteigenden ästigen Strunk, welcher außen mehr oder weniger filzig ist und der, wenn er noch keine Blüten getrieben hat, entfernt an das im Winter mit flaumiger Haut überzogene Geweih eines Rehes erinnert. Diese Strünke haben fast die Dicke eines kleinen Fingers, sind fleischig und erscheinen dort, wo sie der Wurzel der Wirtpflanze aufsitzen, kolbenförmig verdickt. Manche dieser Strünke, namentlich diejenigen, welche die Pollenblüten tragen, werden 30 cm lang; die Fruchtblüten tragenden sind gewöhnlich etwas kürzer; alle Strünke sind blaßgelblich, die stark filzige Langsdorffia rubiginosa ist wie mit gelblichem Samte überzogen. An den Enden der Verzweigungen des Strunkes, welche oft nur kurz sind und dann die Gestalt von Lappen oder Zapfen haben, entwickelt sich



Langsdorffia hypogaea, aus Zentralamerika. Vgl. Text, S. 172.

früher oder später in der untern Rindenschicht je eine Knospe. Diese vergrößert sich, sprengt die äußere Rindenschicht, hebt sie empor und wächst zwischen den vier Lappen, welche von der kreuzweise gesprengten Rinde gebildet werden, als Blütenstand heraus. Der Blütenstand ist, ähnlich dem Köpfchen einer Komposite, mit dachziegelförmigen Schuppen rings umgeben, welche unten kürzer und breiter, oben länger, schmäler und spitz erscheinen. Da diese Schuppen starr, etwas glänzend, wachsgelb bis orange oder auch etwas rötlich angehaucht und bei Langsdorffia Moritziana braunrot sind, so erinnert der ganze Blütenstand lebhaft an gewisse Immortellen, namentlich an die am Kap vorkommenden großen Helichrysum-Arten. Die Blütenstände, welche nur Pollenblüten tragen, sind verlängert und eiförmig, jene, welche nur Fruchtblüten besitzen, kürzer und köpfchenförmig. Die aus den nußartigen, innen breiigen Früchtchen ausfallenden Samen besitzen keine besondere Samenhaut, der Keimling zeigt keine Spur von Samenlappen oder Würzelchen, sondern besteht aus einer Zellengruppe, die nicht gegliedert ist und mit einem winzigen Knöllchen verglichen werden kann.

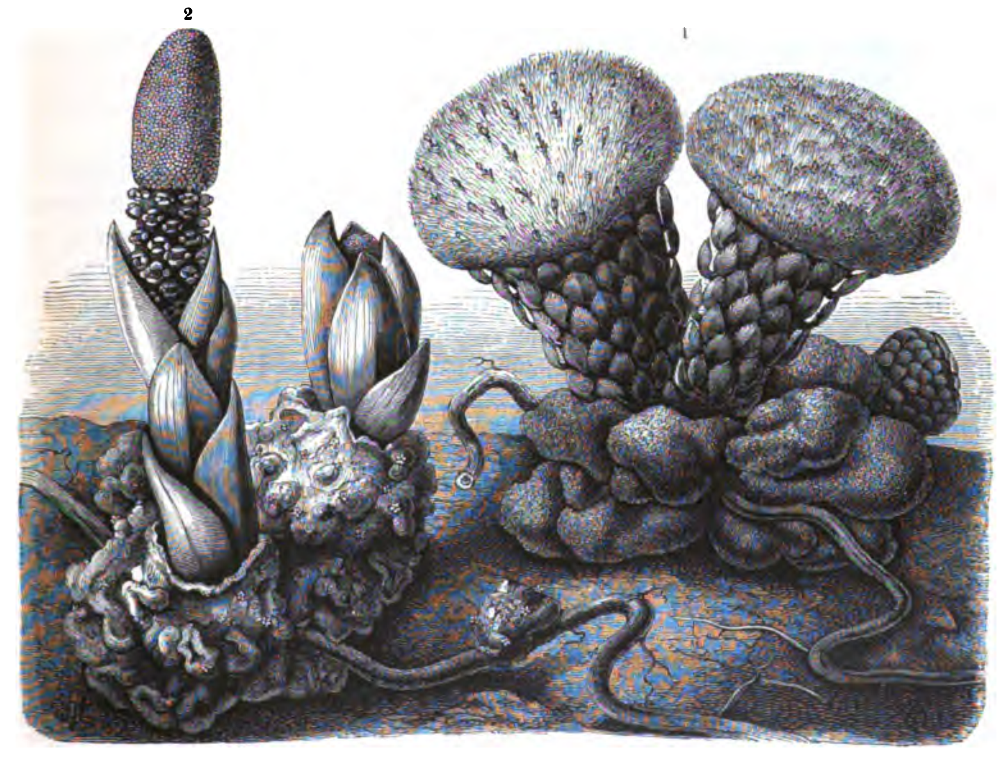
Wenn solche Samen, die sich bei der Keimung ähnlich wie die der Schuppenwurz verhalten, an eine zusagende Wurzel eines Baumes oder Strauches gelangen, so wachsen

sie zu größern Knöllchen aus und üben auf die Unterlage einen merkwürdigen Einfluß aus. Die Rinde der Wurzel wird dort, wo das Knöllchen anliegt, zerstört, das Holz der Wurzel aber wird aufgeblättert, zerschlissen und zerfasert, die Holzbündel aus der bisher eingenommenen Richtung gebracht und so abgelenkt, daß sie sich gegen das schmarotzende Knöllchen, das inzwischen zu einem Knollen herangewachsen ist, erheben und fächerförmig verteilen; die Zellen und Gefäße des Schmarotzers drängen sich zwischen die emporgewachsenen Holzfasern ein, und es entsteht so an der Verbindungsstelle des Parasiten und der Wurzel eine Zone, in welcher Zellen und Gefäße des einen und andern sich verflechten, durchsetzen, aneinander ketten und auf das innigste miteinander verwachsen, ganz ähnlich, wie es bei den Schuppenwurzarten sich vollzieht. Auch dann, wenn einer der schlangenförmig gekrümmten Strünke der Langsdorffia mit einer geeigneten Wurzel in Berührung kommt, spielt sich Ähnliches ab; die Rinde der Wurzel wird an solchen Stellen zerstört, das bloßgelegte Holz aufgeblättert und zerfasert, das Gewebe des Strunkes erfüllt alle die Zwischenräume der aufgebogenen und zerfetzten Holzbündel und Holzfasern, und es findet auf diese Weise eine so innige Verwachsung statt, daß man den Strunk der Langsdorffia für einen Ast der ihn ernährenden Wurzel der Wirtpflanze halten könnte. Dort, wo ein schon ausgewachsener Strunk der Langsdorffia sich angeheftet hat, ist die Verdickung und Auftreibung des Gewebes an der Verbindungsstelle nicht sehr auffallend; wo dagegen der Stock der Langsdorffia aus Samen hervorgegangen ist, stellt sich die Basis jedes Strunkes stark angeschwollen und kolbenförmig verdickt dar. Anfänglich haftet der Schmarotzer mit dieser verdickten Basis nur einseitig an der nährenden Wurzel, später aber umwallt er sie an beiden Seiten und liegt ihr wie der Sattel dem Rücken des Pferdes auf.

Zwischen den zu Bündeln gruppierten Zellen und Gefäßen des Langsdorffia-Strunkes finden sich Gänge, die mit einer eigentümlichen, Balanophorin genannten, wachsartigen Masse erfüllt sind. Die Menge dieses Stoffes ist so groß, daß ein Strunk der Langsdorffia, an einem Ende angezündet, wie eine kleine Wachsfackel brennt, und in der Gegend von Bogotá werden auch diese Langsdorffien gesammelt, unter dem Namen Siejos verkauft und an festlichen Tagen zu Beleuchtungszwecken verwendet. In Neugranada wurden sie auch zur Erzeugung von Kerzen benutzt, doch ist diese Quelle von Wachs jedenfalls eine viel zu wenig ergiebige, als daß an eine Ausnutzung und Verwertung im großen Maßstabe gedacht werden könnte; immerhin aber zeigt diese Art der Verwendung, daß der in Rede stehende Parasit in manchen Landstrichen Zentralamerikas in großer Menge vorkommt.

Bei weitem seltener als die schmarotzenden Langsdorffien sind die Arten der Gattung Scybalium. So wie jene, sind auch diese auf die äquatoriale Zone Amerikas beschränkt. Zwei Arten, nämlich Scybalium Glaziovii und depressum, gedeihen im höhern Berglande, und die eine findet sich sogar nur in den Hochgebirgen von Neugranada; zwei andre Arten (Scybalium jamaicense und fungiforme) sind Bewohner der Wälder und Savannen tieferer Regionen. Wer das zuletzt genannte Scybalium im Grunde der Urwälder wachsen sieht, ist versucht, dasselbe für einen Pilz zu halten, und es ist begreiflich, daß der erste Entdecker die Bezeichnung fungiforme für diese Form gewählt hat. Die Abbildung auf S. 175 dieses ebenso wunderlichen als seltenen Gewächses, welche nach den von Schott im Jahre 1820 zuerst in der Serra d'Estrella in Brasilien entdeckten und von dort nach Wien mitgebrachten Exemplaren angefertigt ist, zeigt, daß hier an Stelle des verlängerten, schlangenförmig gekrümmten und verzweigten Strunkes, wie er die Langsdorffien auszeichnet, eine klumpige, knollenartige Masse der Wurzel der Wirtpflanze aufsitzt. Dieser Knollen ist bald rundlich, bald scheibenförmig zusammengedrückt, knotig, manchmal auch unregelmäßig gelappt und wächst bis zur Größe einer Faust heran. Er entwickelt sich aus dem Samen, der, wie bei allen Balanophoreen, ein zelliges Gebilde darstellt, welches weder

einen mit Samenlappen und Würzelchen versehenen Keimling noch auch eine Samenhaut besitzt und am besten mit einem winzigen Knöllchen verglichen werden kann. Der aus dem Samen hervorgegangene Keimling, auf die lebende Wurzel einer Holzpflanze gelangt, nimmt an Umfang zu, gestaltet sich zu einem Knöllchen von der Größe einer Erbse und übt auf die als Nährboden gewählte Pflanze des Wirtes einen ganz ähnlichen Einfluß aus, wie er von **Langsdorffia** bekannt ist. Die angefallene Wurzel wird an der Anheftungsstelle des Knöllchens entrindet; das Holz wird dort in Fransen und Fasern aufgelöst, welche sich aufrichten und, fächerförmig auseinander fahrend, in dem Gewebe des inzwischen zu einem Knollenstocke von der Größe einer Nuß herangewachsenen Schmarotzers sich verteilen. Diese



Schmarotzende Balanophoreen: 1. Scybalium fungiforme, aus Brasilien. — 2. Balanophora Hildenbrandtii, von den Comoro-Inseln. Vgl. Text, S. 174 bis 176.

fächerförmig ausstrahlenden, vom Holze der Nährwurzel ausgehenden Holzbündel sind dann mit den im Knollen des Schmarotzers entstandenen Gefäßen so innig verbunden, daß die einen die Fortsetzung der andern zu sein scheinen; sie sind überdies wechselseitig verstrickt, und es ist zwischen sie eine Masse von kleinen parenchymatischen Zellen eingeschaltet, welche sich auch an den nicht zerfaserten Holzteil der Nährwurzel anlegen und mit diesem fest verwachsen. Der knollige schmarotzende Körper des Parasiten, welcher anfänglich der Wurzel des Wirtes nur einseitig angewachsen ist, umwallt sie allmählich vollständig, und die Nährwurzel ist dann scheinbar durch den unregelmäßigen Knollenstock durchgewachsen. Aus den Knospen, die sich an vorgewölbten Stellen des braunen Knollenstockes unter seiner Rinde anlegen, geht dann unvermittelt der Blütenstand hervor, indem die Rinde aufbricht und ein dicker, fleischfarbiger, mit eiförmigen, spitzen Schuppen dicht besetzter Sproß wie eine Keule hervorwächst. Oben ist dieser keulenförmige Sproß scheibenförmig ausgebreitet und trägt hier, zwischen unzähligen Schüppchen und Haaren eingebettet, die zu kleinen Köpfchen gruppierten

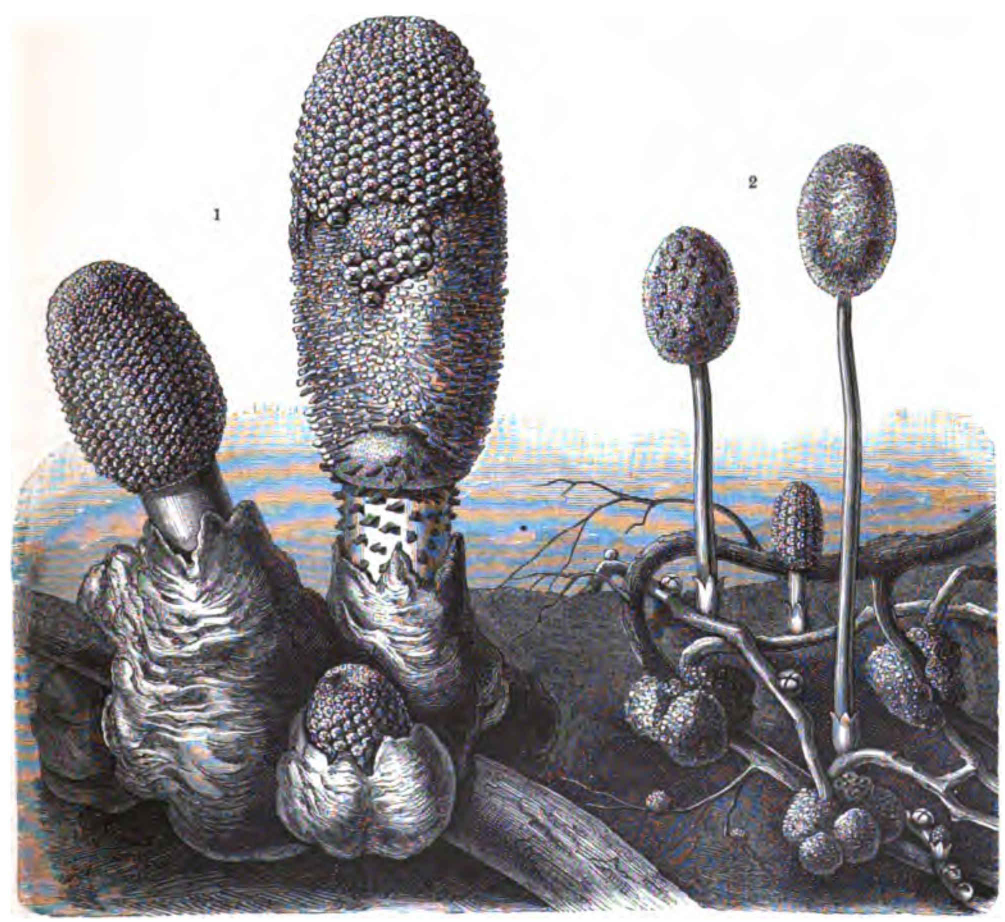
Blüten. Die Fruchtblüten und Staubblüten sind getrennt an verschiedenen Blütenständen, das ganze Gebilde aber hat zur Zeit des Aufblühens mit dem Blütenstande einer in Frucht übergegangenen Artischocke, später mit einem Hutpilze eine unleugbare Ähnlichkeit.

Auf der östlichen Halbkugel sind die Langsdorffien und Scybalien durch die Arten der Gattung Balanophora vertreten. Eine derselben, nämlich Balanophora Hildenbrandtii, welche S. 175 links abgebildet ist, findet sich auf den Comoro-Inseln vor der Ostküste Afrikas, sieben Arten bewohnen die Inseln Java, Ceylon, Borneo, Hongkong und die Philippinen und drei Arten Ostindien. Die zuerst von Forster entdeckte Balanophora fungosa, welche auf den Wurzeln von Eucalyptus und Ficus schmarotzt, ist in Neuholland und auf den Neuen Hebriden zu Hause. Besonders reich an diesen absonderlichen Gebilden sind die höhern Regionen Javas und des Himalaja. Balanophora elongata ist auf Java in den Gebirgen zwischen 2000 und 3000 m so häufig, daß man sie korbweise sammelt, um daraus den zähen, wachsartigen Stoff zu gewinnen. Wie in Neugranada aus der Langsdorffia, macht man hier aus dieser Balanophora Kerzen, oder man bestreicht mit der gewonnenen zähen Masse Bambusstäbchen, welche ganz ruhig und langsam abbrennen. Im Himalaja gehören Balanophora dioica und polyandra zu den verbreitetsten und häufigsten Arten, und Balanophora involucrata wird dort noch in der Seehöhe von 2300 bis 3500 m auf den Wurzeln von Eichen, Ahornen und Aralien schmarotzend angetroffen. Fast alle besitzen sehr lebhafte, von weitem sichtbare Farben: bottergelb, purpurrot, rotbraun, fleischfarbig, also ähnlich wie die Bauch-, Keulen- und Hutpilze, mit welchen sie gesellig wachsen, und mit denen sie auch darin übereinstimmen, daß sie alle fleischig sind und keine Spur von Chlorophyll enthalten. Von einiger Entfernung gesehen, machen die vom dunkeln Grunde des Waldes sich abhebenden Blütenstände auch den Eindruck von Pilzen, und alle ältern Beobachter schildern diese Balanophoreen einstimmig als wahre Mirakel, als Pilze, welche aber wunderbarerweise Blüten tragen. Für die naturphilosophische Schule unter den Botanikern in den ersten Dezennien unsers Jahrhunderts waren sie auch Gegenstand der gewagtesten Spekulationen und überschwenglichsten Schilderungen. Noch in den vierziger Jahren äußert ein berühmter Botaniker Deutschlands von ihnen: „Sie stehen da wie ein hieroglyphischer Schlüssel zweier Welten, die wie Traum und Wachen in endloser Wechselbeziehung sich einander auslegen und fliehen", und der Entdecker mehrerer dieser Gewächse auf Java, der verdienstvolle Junghuhn, schreibt: „Das sind Worte, die hoffentlich erst nach Jahrtausenden ihre rechte Bedeutung erhalten werden, und deren erhabene Wahrheit mich unendlich rührte. Da standen sie da, die rätselhaften Gewächse, blüten- und blattlos, in denen sich die Bildung der Spiralgefäße in einem balanophorischen Träger mit der Fruktifikation unvollkommener Hyphomyceten vereinigt!"

Eine junge, noch nicht blühende Balanophora sieht einem im gleichen Entwickelungsstadium befindlichen Scybalium nicht unähnlich. Sie stellt sich als ein unregelmäßiger Knollenstock dar, welcher einer flach verlaufenden Baum- oder Strauchwurzel aufsitzt. Die Außenseite des mitunter zur Größe eines Menschenkopfes anwachsenden Knollenstockes ist uneben, zeigt mitunter Windungen ähnlich der Oberfläche des Menschenhirnes, vorspringende Buckel und Zapfen oder ist auch gelappt und kurz verzweigt wie ein Korallenstock. Die Ähnlichkeit mit einem Korallenstocke wird noch dadurch erhöht, daß die Oberfläche mit kleinen, sternförmigen oder vergißmeinnichtförmigen Wärzchen besetzt ist, wodurch sich die Gattung Balanophora von allen verwandten Gattungen sofort unterscheidet.

Die Ansiedelung der Samen auf den Baumwurzeln, das Anwachsen derselben zu Knollenstöcken, die Verbindung mit der Nährwurzel erfolgt in derselben Weise wie bei den früher geschilderten Balanophoreen. Auch die Anlage der Blütenstände unter der Rinde des Knollenstockes und das Durchbrechen derselben vollzieht sich in gleicher Weise. Die

durchbrochene und aufgestülpte Rindenschicht bildet hier immer eine ziemlich große, becher- oder kelchförmige, am Rande unregelmäßig gelappte Scheide, welche den Blütenstand an der Basis umschließt; der Blütenstand selbst aber ist kolbenförmig und wird von einem dicken, mit großen, schuppenförmigen Blättern besetzten Schafte getragen. Die aus einem Knollenstocke hervorwachsenden Kolben haben meist nur die Länge eines kleinen Fingers,



Schmarotzende Balanophoreen: 1. Rhopalocnemis phalloides, aus Java. — 2. Helosis gujanensis, aus Mexiko. Vgl. Text, S. 177—179.

erreichen aber mitunter die Höhe von 30 cm, wie das z. B. bei der auf den Wurzeln von Thibaudia schmarotzenden javanischen Balanophora elongata der Fall ist.

Durch die kolbenförmige Gestalt des Blütenstandes stimmen mit den Arten der Gattung Balanophora jene der amerikanischen Gattung Helosis überein, von welcher die häufigste, nämlich Helosis gujanensis, obenstehend abgebildet erscheint. In der Methode, wie diese Helosis-Arten sich auf den Wurzeln der Wirtpflanzen ansiedeln, und auch in der ganzen Wachstumsweise besteht aber ein erheblicher Unterschied. Das Anwachsen der auf die Nährwurzel gelangten Keimlinge zu einem Knöllchen, die Zerstörung der Rinde, die Entblößung des Holzkörpers an jener Stelle der Nährwurzel, wo sich das Knöllchen des Schmarotzers angelegt hat, sowie auch die Störung im Verlaufe der Holzbündel erfolgen zwar in derselben Weise wie bei den andern Balanophoreen; aber die zerschlissenen Holzbündel der

Nährwurzel bilden nur ganz kurze Läppchen, welche in den schmarotzenden Knollenstock wenig eindringen, und an welche sich die inzwischen in dem Knollenstocke entstandenen Gefäßbündel so anlegen, daß sie für die geraden Fortsetzungen derselben gehalten werden könnten.

Die schmarotzenden Knollenstöcke, einmal mit der Nährwurzel in der angegebenen Weise verwachsen und durch diese Verbindung mit Nahrung versorgt, umwuchern die Nährwurzeln derart, daß diese wie durchgesteckt erscheinen, oder daß man zu glauben versucht wird, diese Wurzeln seien aus dem Knollenstocke selbst hervorgegangen. Sie sind immer rundlich, außen braun, warzig, aber unbeschuppt und entwickeln niemals unmittelbar die Blütenschäfte, sondern erzeugen zunächst mehrere weißliche oder gelbliche Ausläufer von der Dicke eines Federkieles bis zu jener eines Fingers, die unter dem Boden horizontal fortkriechen, sich verzweigen, dabei sich mit andern Verzweigungen gegenseitig kreuzen, an den Berührungsstellen verwachsen und so mitunter ein Netzwerk bilden, das sich mit dem braunen Wurzelwerke der Nährpflanze in kaum entwirrbarer Weise verflicht und verstrickt. Wo ein solcher Ausläufer mit einer lebenden Wurzel der Wirtpflanze in Kontakt kommt, schwillt er an der Berührungsfläche alsbald an, wird dort zu einer knollig aufgetriebenen Masse und verwächst mit der Wurzel in derselben Weise wie die aus dem Samen hervorgegangenen Knöllchen. Ein solches Netz von Ausläufern, welches mit dem Wurzelwerke der Nährpflanze an mehreren Stellen durch erbsengroße Knollen verwachsen ist, könnte immerhin mit dem Netze verglichen werden, welches die Lathraea um die Wurzeln ihrer Wirtpflanzen spinnt; doch besteht, abgesehen von der Größe, der wesentliche Unterschied, daß sich aus den weißen Fäden der verzweigten und mit Saugwarzen besetzten Wurzel der Lathraea niemals Blütenstände entwickeln, während die Ausläufer der Helosis zum Ausgangspunkte für die Blütenstände werden. An den Seiten der dickern, cylindrischen Ausläufer entstehen nämlich Warzen, in deren Innerm sich die Knospen für die Blütenstände ausbilden. Die Haut der Warze reißt dann am Scheitel auf und bildet einen kleinen Becher, aus welchem der nackte, unbeschuppte, oben durch einen eiförmigen Kolben abgeschlossene Schaft emporwächst. Da die Ausläufer horizontal unter der Erde verlaufen, die Schäfte aber kerzengerade vom Boden sich erheben, so stehen die letztern immer senkrecht auf den Ausläufern, als deren Äste sie aufzufassen sind.

Die zu Köpfchen gruppierten, aber im Kolben eine geschlossene Masse darstellenden Blüten sind durch eigentümliche Deckschuppen gestützt, deren jede einzelne einem Nagel mit facettiertem Kopfe vergleichbar ist. Diese facettierten Köpfe schließen dicht zusammen, wodurch der ganze jugendliche Blütenstand wie mit einem gefelderten Panzer umgeben erscheint und mit einem geschlossenen Kiefernzapfen einige Ähnlichkeit erhält. Nach und nach lösen sich aber diese nagelförmigen Deckschuppen los, fallen ab, und es werden auf diese Weise die Blüten sichtbar, die bisher von dem Panzer überdeckt waren. Nach der Samenreife geht der ganze Ausläufer, aus welchem der Blütenstand emporgewachsen war, und gewöhnlich auch der Knollen, welcher diesem Ausläufer zum Ausgangspunkte diente, zu Grunde, und ein andrer Knollen des oben geschilderten Netzes, beziehentlich die von diesem ausgehenden Ausläufer werden zum Ausbildungsherde für neue Blütenstände. Insofern kann man diese Helosis-Arten auch als ausdauernde Pflanzen bezeichnen, während die Mehrzahl der andern Balanophoreen auf diese Bezeichnung keinen Anspruch machen kann, da bei diesen der ganze Stock nach dem Verblühen und Ausreifen der Samen alsbald abstirbt und zu Grunde geht. Die blühenden Kolben der Helosis-Arten haben eine purpurrote oder blutrote Farbe und führen in Brasilien auch den Namen Espigo de sangue. Bisher sind nur drei Helosis-Arten bekannt geworden, die im äquatorialen Amerika, auf den Antillen und von Mexiko bis Brasilien verbreitet sind.

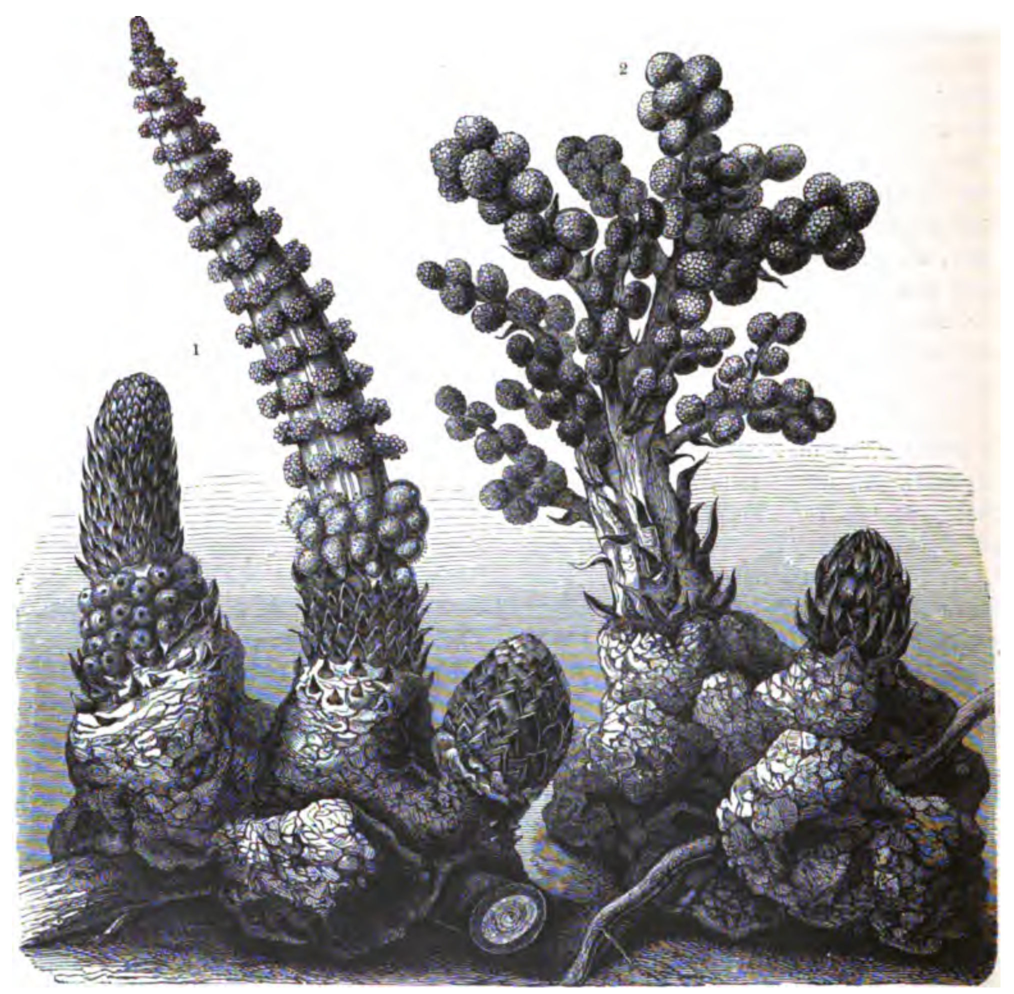
Mit Helosis nahe verwandt und durch die nagelförmigen, facettierten Deckschuppen des zapfenförmigen Blütenstandes übereinstimmend, aber durch die ganz andre Wachstumsweise,

zumal durch den Mangel der Ausläufer, wieder abweichend ist die Gattung Corynaea, deren vier Arten in den Andes Südamerikas, in Peru, Ecuador und Neugranada aufgefunden wurden, wo sie gleich den andern Balanophoreen auf Baumwurzeln schmarotzen. Eine derselben, Corynaea Turdiei, ist darum bemerkenswert, weil sie auf den Wurzeln der Fieberrindenbäume lebt und durch ihren purpurnen, von einem weißen Schafte getragenen Kolben sehr auffällt. Ein andrer an Helosis sich anschließender Wurzelschmarotzer, der einzige Vertreter dieser vorwaltend amerikanischen Gruppe in Asien, ist Rhopalocnemis phalloides (s. Abbildung, S. 177, Fig. 1). Derselbe findet sich angesaugt an den Wurzeln von Feigen, Eichen und verschiedenen Lianen im Berglande Javas und im östlichen Himalaja und zählt zu den größten aller Balanophoreen. Sein fleischiger, gelblich- oder rötlichbrauner Knollenstock erreicht die Größe eines Menschenhauptes, die Blütenzapfen, welche aus den Buckeln dieser klumpigen Masse zu 2—6 hervorbrechen, werden über 30 cm lang und 4—6 cm dick, sind lichtbraun und ahmen die Form eines Cykadeenzapfens nach. Wie Corynaea unterscheidet sich auch Rhopalocnemis, welche in der Abbildung, S. 177, Fig. 1, um mehr als die Hälfte verkleinert dargestellt ist, von Helosis durch das Fehlen der aus dem Knollenstocke hervorgehenden Ausläufer.

Als eine weitere Gruppe der schmarotzenden Balanophoreen werden die Lophophyteen unterschieden, welche von allen bisher besprochenen Gruppen dadurch abweichen, daß ihre Blüten in getrennten, rundlichen Köpfchen einer fleischigen, aus dem Knollenstocke hervorgewachsenen ungeteilten Spindel aufsitzen. Sie gehören wieder dem zentralen Amerika an und werden in drei Gattungen geteilt (Lophophytum, Ombrophytum und Lathrophytum), auf welche näher einzugehen hier zu weit führen würde. Nur die in mancher Beziehung von den andern Balanophoreen abweichende und namentlich mit Rücksicht auf die eigentümliche Verbindung mit der Wirtpflanze genauer bekannt gewordene Gattung Lophophytum verlangt eine besondere Berücksichtigung. Das in den brasilischen Urwäldern auf den Wurzeln der Mimoseen, zumal auf jenen der Inga-Bäume, aufsitzende Lophophytum mirabile (s. Abbildung, S. 180, Fig. 1) findet sich stellenweise so massenhaft, daß Strecken des von Inga-Wurzeln bedeckten Waldgrundes im Umfang von 20 bis 30 Schritt ganz und gar von demselben überwuchert erscheinen. Von abgefallenem Laube und einer leichten Schicht Dammerde bedeckt, sitzen dort den Baumwurzeln Hunderte von größern und kleinern Knollenstöcken auf. Die meisten haben die Größe einer Faust, einzelne aber werden auch kopfgroß und wiegen dann 15 kg und darüber. Die unmittelbar durch Vergrößerung der auf die Wurzeln geratenen Samen entstandenen Knöllchen, wenn sie etwa die Größe einer Erbse besitzen, sind schon mit dem Holze der angefallenen Wurzel verbunden. Die Rinde sowohl als ein Teil des Holzes sind von dieser Wurzel an der Stelle, wo sich der Parasit angelagert hat, resorbiert In den dadurch in der Wurzel entstandenen flachen Ausschnitt ist das Gewebe des kleinen Knollenstockes breit und fest eingefügt, und einzelne kurze, zapfenförmige Bündel des gelockerten Holzes der Nährwurzel erscheinen in den Parasiten hineingewachsen. Aber auch in dem sich vergrößernden Knollenstocke bilden sich Gefäßbündel aus, und diese verbinden sich mit den erwähnten Bündeln der Nährwurzel, indem sie diesen entgegenwachsen.

Es ist dann die Grenze zwischen Ernährer und Parasit oft mit Sicherheit gar nicht mehr festzustellen, ja, was das Merkwürdigste ist, man findet in diesen Bündeln Zellen, von welchen man auch mit Rücksicht auf ihre Gestalt nicht zu bestimmen im stande ist, ob sie dem einen oder andern angehören. Die mit Sicherheit noch dem Holze der Nährwurzel angehörenden Zellen besitzen punktierte Wandungen, die unzweifelhaft im schmarotzenden Knollenstocke entstandenen Bündel zeigen dagegen Zellen, welche netzig verdickt sind und die bei geringer Vergrößerung wie quergestrichelt aussehen. Dort, wo diese punktierten und genetzten Zellen

zusammenkommen, sind aber auch Zellen eingeschaltet, welche weder mit den punktierten der Nährwurzel noch mit den genetzten des Schmarotzers ganz übereinstimmen, sondern eine mittlere Form zeigen. Stellenweise sind auch Zellgruppen des Parasiten von dem Holze der Nährwurzel ganz umwachsen und eingeschlossen, und in ältern Knollenstöcken sind die zelligen Elemente der beiden daselbst miteinander verbundenen Pflanzen so verschlungen und durchdrungen, daß es, wie gesagt, unmöglich ist, eine Grenze zwischen beiden anzugeben.



Schmarotzende Balanophoreen: 1. Lophophytum mirabile, aus Brasilien. — 2. Sarcophyte sanguinea, vom Kap der Guten Hoffnung. Vgl. Text, S. 179—182.

Wenn die Knollenstöcke einmal die Größe einer Faust erreicht haben, so ist ihre Rindenschicht immer fest, korkartig, gefeldert und die einzelnen Felder mehr oder weniger regelmäßig eckig, wie es die obenstehende Abbildung zeigt. Einzelne stärker vorgewölbte Teile strecken sich und wachsen zu kurzen, dicken Strünken aus, welche ringsum deutlich beschuppt sind und zwar so, daß immer eine dreieckige, spitze Schuppe dem Mittelfelde eines der kleinen Felder der Rinde aufsitzt. Auf dieser Entwickelungsstufe angelangt, ähnelt der ganze Lophophytum-Stock ungemein dem schuppigen Wurzelstocke eines Farnes oder einem niedern Cykadeenstocke, der seiner grünen Blätter beraubt wurde, um so mehr, als Rinde und

Schuppen des Lophophytum dunkelbraun gefärbt sind. Aus der Mitte dieser dicken Strünke, welche manchmal die Höhe von 15 cm erreichen, erhebt sich nun ein kolbenförmiger Blütenstand, welcher anfänglich mit dachziegelförmig aufeinander liegenden ei-lanzettlichen, an den Spitzen schwärzlichbraunen und fast hornigen Schuppen so dicht besetzt ist, daß der ganze Kolben einem aufrecht stehenden Cykadeenzapfen ungemein ähnlich sieht. Man denke sich nun den seltsamen Eindruck, welcher auf den Besucher der mit Lophophytum bewachsenen Gründe in der Tiefe des Urwaldes hervorgebracht wird, wenn nach einem mehrtägigen Regen plötzlich über Nacht Hunderte von diesen braunen, schuppigen Zapfen von den über und unter der Erde verlaufenden Baumwurzeln emporgewachsen sind. Und einen oder zwei Tage später bietet dieser Lophophytum-Garten wieder ein ganz andres Bild. Die braunen Schuppen haben sich von der Spindel gelöst, zuerst jene an der Basis des Zapfens, dann auch jene am obern Teile desselben, nahezu gleichzeitig fallen sie ab, und es fällt damit die Hülle, welche die Blüten bisher noch immer verdeckt hatte. Die aufrechte, fingerdicke, fleischige, weiße oder rötliche Spindel wird sichtbar, welche die Blüten trägt; unten die Fruchtblüten in kugelrunden, dottergelben oder fast orangefarbigen, genäherten Köpfchen; über dem untern Drittel des Kolbens die Staubblüten in lockern, weiter auseinander gerückten Köpfchen von blaßgelber Farbe.

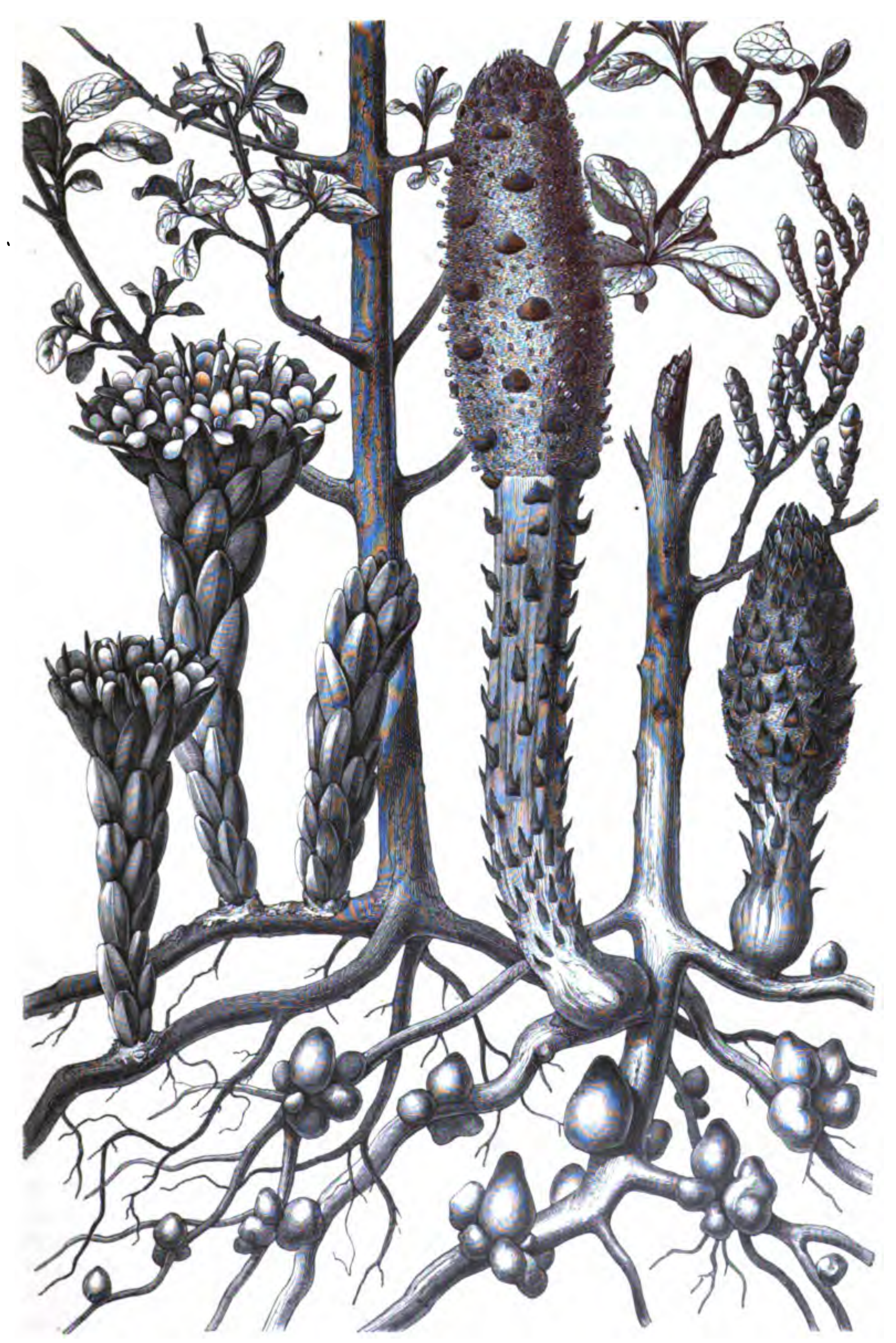
Wenn schon diese blühenden Zapfen des Lophophytum mirabile eine auffallende Erscheinung bieten, so gilt dies noch in erhöhtem Maße von dem gleichfalls in den Waldgebieten Brasiliens heimischen Lophophytum Leandri, dessen Blütenstand an Buntheit nichts zu wünschen übrigläßt, indem seine Spindel blaß rötlichviolett, die Deckschuppen von der Farbe des Gummigutts, die Fruchtknoten gelblich, die Griffel rot und die Narben weiß sind. Es darf nicht wundernehmen, daß diese Schmarotzer selbst in dem an sonderbaren Pflanzengestalten gewiß nicht armen Brasilien aufgefallen sind und wie alle seltsamen Gewächse als Heilmittel und Zaubermittel dort Verwendung finden. Die Knollenstöcke des Lophophytum mirabile, welche einen widerlichen, harzig-bittern Geschmack besitzen und den Volksnamen Fel de terra, Erdgalle, führen, werden von den Quacksalbern gegen Gelbsucht angewendet, und es herrscht auch der Glaube, daß junge Bursche durch den heimlichen Genuß der Blüten die Zuneigung der von ihnen verehrten Mädchen zu gewinnen im stande seien. Ähnliches gilt auch von Lophophytum Leandri, von dem überdies auch die Sage geht, daß der Genuß desselben bei der Jagd, beim Fischen, im Kriege und beim Tanzen Glück und Gewandtheit geben soll, daher auch junge Indianer diese Pflanze heimlich sammeln und an gewissen Tagen verzehren.

Von den andern mit Lophophytum zunächst verwandten schmarotzenden Balanophoreen soll hier nur noch flüchtig der in Peru unter dem Namen Mays del monte bekannten Ombrophytum-Arten gedacht werden, deren über 30 cm hoher und 6—7 cm dicker, gelblicher Blütenstand einem Maiskolben entfernt ähnlich sieht, und endlich des brasilischen Lathrophytum Peckoltii, welches insofern ein besonderes Interesse beansprucht, weil es die einzige Blütenpflanze ist, die, abgesehen von den Staubgefäßen und Fruchtknoten, aller Bildungen, welche als Blätter gedeutet werden könnten, vollständig entbehrt. Langsdorffia, Scybalium, Lophophytum, ja selbst Balanophora, Helosis und Rhopalocnemis zeigen Schuppen, welche allerdings mannigfaltig ausgestaltet, doch immer ihrer Lage und Form nach als Blätter aufzufassen sind; an diesem Lathrophytum aber ist weder an dem Knollenstocke, noch an dem Schafte, noch an dem Kolben eine Spur irgend einer Schuppe zu sehen, ja nicht einmal ein Wulst oder eine Kante, welche als reduziertes Blatt angesehen werden könnte.

Im Vergleiche zu dem an schmarotzenden Balanophoreen reichen äquatorialen Amerika ist die entsprechende Zone Afrikas an diesen Gewächsen arm zu nennen. Möglich, daß weitere Forschungen dort noch einige dieser wunderlichen Schmarotzerpflanzen ans Tageslicht bringen, schwerlich ist aber dort eine solche Mannigfaltigkeit zu erwarten, wie sie Brasilien und die

Andes von Peru, Neugranada und Bolivia aufweisen. Aus dem in betreff seiner Pflanzenwelt am meisten bekannten Kaplande sind nur drei Balanophoreen bekannt geworden. Eine derselben, welche auf S. 180 rechts abgebildet ist, führt den Namen **Sarcophyte sanguinea**, zu deutsch: blutrote Fleischpflanze; auch hat man ihr den Namen **Ichthyosoma**, d. h. Fischleichnam, gegeben, weil sie nach faulen Fischen riecht. Durch diese Namen ist aber schon angedeutet, daß dieses Gewächs fast mehr den Eindruck eines tierischen als eines pflanzlichen Gebildes macht. Als Wirtpflanze für diese **Sarcophyte** müssen verschiedene Mimoseen, zumal **Acacia caffra**, **Acacia capensis** 2c., herhalten. Auf den Wurzeln dieser Holzpflanzen entwickeln sich, wie bei allen Balanophoreen, zuerst kleine Knollenstöcke, die mit dem Holze der Nährwurzeln in der nun schon wiederholt dargestellten Weise in Verbindung treten. Aus einer unter der Rinde dieses Knollenstockes vorgebildeten Knospe entsteht dann ein Blütenstand, welcher aus der aufgerissenen und emporgestülpten Rinde rasch emporwächst, und dessen Achse sich in dicke, wiederholt geteilte, fleischige Äste auflöst, was bei keiner einzigen der andern Balanophoreen der Fall ist. An den Verzweigungen sitzen, seitlich aneinander gereiht, an dem einen Stocke Staubblüten, an dem andern Stocke nur Fruchtblüten, diese letztern immer zu kugeligen Köpfchen gruppiert, wie das in der Abbildung, S. 180, zu sehen ist. An dem Ausgangspunkte der Verzweigungen und auch am Grunde des ganzen Blütenstandes befinden sich schuppenförmige, rotbraune Blätter; das Ganze aber sieht einer von der Wurzel emporgewachsenen Weintraube mit warzigen Beeren oder auch dem Fruchtstande von **Ricinus** ähnlich und ist durch die blutrote Farbe aller Teile sehr auffallend.

Schließlich sei hier von den Balanophoreen des in alter Zeit so hoch geschätzten **Cynomorium** gedacht, der einzigen Art dieser Pflanzenfamilie, welche auch im südlichen Europa vorkommt und welche in Figur, S. 183 rechts, abgebildet ist. Während die andern Balanophoreen durchweg auf den Wurzeln von Bäumen und Lianen im Schatten hoher Wälder schmarotzen, gedeiht dieses **Cynomorium** vorwaltend auf Pflanzen an der Meeresküste, auf den Wurzeln der Pistazien und Myrten oder auch geradezu auf den salzliebenden Strandgewächsen, den verschiedenen Tamarisken, Salicornien, Salsolaceen und Melden, welche bei hochgehender Brandung noch von dem Gischte des anlaufenden Wassers bespritzt werden. Der Same, welcher jenen der andern Balanophoreen sowie auch jenen der Sommerwurzarten ähnlich ist, keimt auch in derselben Weise wie diese. Aus jener Zellgruppe des Samens, welche als Keimling angesehen werden kann, entsteht ein fadenförmiger, nach abwärts wachsender Körper, dessen oberer Teil noch einige Zeit mit den andern an Nährstoffen reichen Zellen des Samens verbunden bleibt. Auf Kosten dieser Nährstoffe wächst dann der fadenförmige Keimling weiter in die Tiefe, schwillt, sobald er eine lebende Wurzel erreicht hat, spindelförmig an und wird zu einem Knöllchen von eiförmiger oder auch unregelmäßig knotig gelappter Form, welches mit dem Holzkörper der Nährwurzel sich in der wiederholt geschilderten Weise verbindet. Diese Knöllchen nehmen an Umfang zu, verlängern sich, und es erhebt sich nun, ähnlich wie bei **Lophophytum**, aus ihrem Scheitel ein mit spitzen Schuppen bekleideter Kolben über die Erde, der deutlich in einen untern strunkartigen Träger und in den dicken, zapfenförmigen Blütenstand gegliedert ist. Die Schüppchen werden bei dieser Streckung des Kolbens auseinander gerückt und fallen zum Teile auch ab. Ein Teil derselben aber erhält sich in der Mittelhöhe des Blütenstandes in Form quer-ovaler Blättchen bis zur Zeit, wann der Kolben ganz vertrocknet ist. Das ganze über den Boden aufragende Gebilde hat eine blutrote Farbe, und bei Verletzung fließt auch ein roter Saft hervor, welchen man einstens als Blut gedeutet hat. In einer Zeit, in welcher man die Eigentümlichkeiten auffallender Pflanzen als einen Fingerzeig höherer Mächte für die Benutzung zu Heilzwecken ansah, glaubte man in dem blutroten und bei Verletzung blutenden **Cynomorium**-Kolben eine Arznei gegen Blutungen gefunden zu haben. Sie wurden auch damals zu diesem Zwecke



Hypocist (Cytinus Hypocistus), links; Malteserschwamm (Cynomorium coccineum), rechts. Vgl. Text, S. 182, 186 und 189.

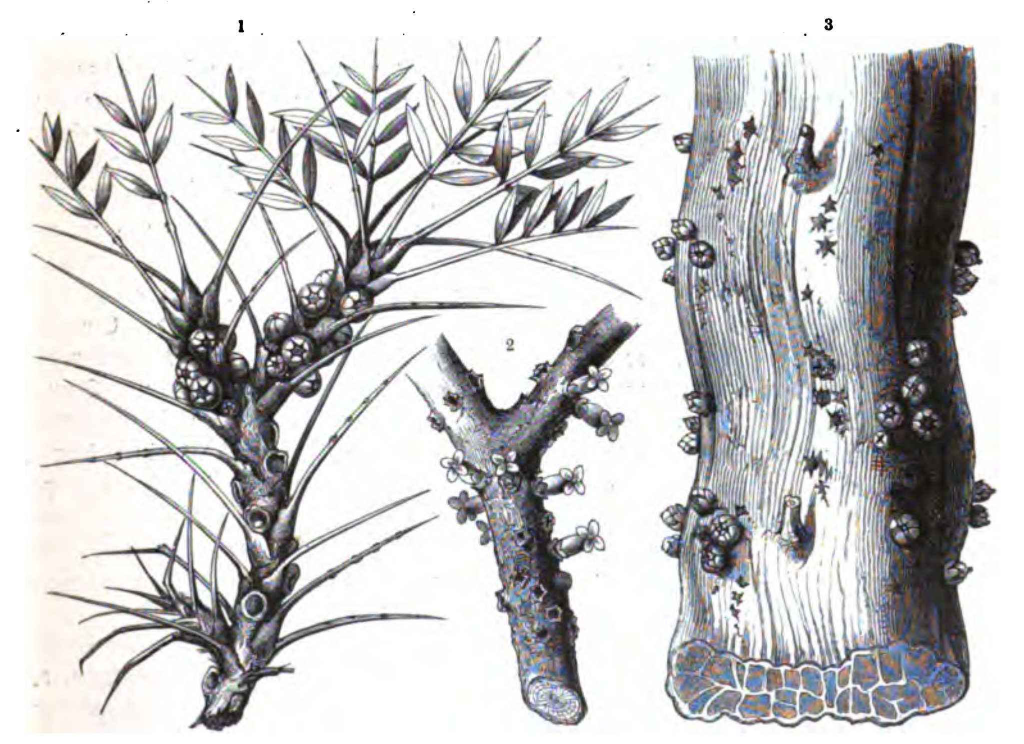
gesammelt und unter dem Namen Malteserschwamm (Fungus melitensis) in die Apotheken geliefert. Auch sonst wurden diesem Gewächse noch mancherlei Wunderkräfte zugeschrieben, und die Nachfrage nach dem Malteserschwamme war so groß, daß er zu einem förmlichen Handelsartikel wurde, welchen man vorzüglich von der Insel Malta bezog, wodurch sich auch der erwähnte Name erklärt.

Von den Hydnoreen, welche mit Rücksicht auf ihre Verbindung mit den Wurzeln der Wirtpflanzen am zweckmäßigsten an die Balanophoreen angereiht werden, sind nur drei Arten bekannt, von welchen zwei (Hydnora Africana und triceps) dem südlichen Afrika, die dritte (Hydnora Americana = Prosopanche Burmeisteri) dem südlichen Brasilien angehören. Der Knollenstock derselben stellt sich als ein prismatischer, vier- bis sechskantiger Körper dar, welcher entlang den Kanten mit Warzen besetzt ist; die Blütenknospen, welche aus demselben hervorbrechen, haben anfänglich die Gestalt von kugeligen Bauchpilzen, verlängern sich aber allmählich und nehmen die Form einer großen Feige oder einer aufrecht stehenden Keule an. Diese öffnet sich dann an dem verdickten obern Ende mit drei dicken, fleischigen Klappen, welche Blumenblätter darstellen. An der Basis dieser bizarren Blüten ist nirgends ein Gebilde zu sehen, welches als Deckblatt oder überhaupt als Blatt gedeutet werden könnte. Die fleischige Masse der Blüten entwickelt einen widerlichen Aasgeruch, und es stimmen die Hydnoreen in dieser Beziehung mit den Rafflesien überein, welche der nächsten Gruppe schmarotzender Blütenpflanzen angehören.

Diese fünfte Reihe schmarotzender Blütenpflanzen wird von den Rafflesiaceen gebildet, Gewächsen, welche sich in ihrem allgemeinen Ansehen sowie auch durch den Mangel an Chlorophyll und den ungegliederten, nur aus Zellen bestehenden Keimling an die Balanophoreen und Hydnoreen anschließen, in früherer Zeit auch mit ihnen unter dem Namen Rhizantheen zusammengefaßt wurden, aber mit Rücksicht auf ihren eigentümlichen Blüten- und Fruchtbau jetzt als eine besondere Familie betrachtet werden. Die Bildung der Blüten und Früchte, namentlich der merkwürdige Bau der berühmten Riesenblume Rafflesia, wird später noch wiederholt zur Sprache kommen; hier interessiert uns nur die Verbindung, in welcher diese Schmarotzer mit der Nahrung liefernden Wirtpflanze stehen. Und diese ist womöglich noch merkwürdiger als jene der Balanophoreen und Hydnoreen. Während sie bei den letztern sich innerhalb eines knollenförmigen oder wurzelstockartigen Gebildes vollzieht, in welchem die Gefäße und Zellen des Schmarotzers mit den aufgeblätterten und zerrütteten Holzzellen aus der Wurzel oder dem Stamme der Wirtpflanzen verwachsen, erzeugt der unter die Rinde des Wirtes eingedrungene Keimling der Rafflesiaceen einen mehr oder weniger deutlichen Hohlcylinder, welcher den Holzkörper der Wurzel oder des Stammes der Wirtpflanze umwuchert, gewissermaßen eine Füllmasse darstellt, die zwischen Holz und Rinde des Wirtes eingeschaltet ist. Zu einer knollenförmigen Auftreibung, wie bei den Balanophoreen, kommt es hier nicht. Der Stamm oder die Wurzel, welche von dem Schmarotzer angefallen wurde, zeigt nur eine mäßige Verdickung an der Stelle, wo unter der Rinde der Schmarotzer wuchert, und selbst die Rinde wird nur dort zerstört, wo sie der Keimling beim Eindringen durchbohrt hat, und dort, wo später die Blüten hervorbrechen. Wenn Wurzeln den Nährboden bilden, auf welchem sich der Schmarotzer angesiedelt hat, so sind es immer nur solche, welche ganz oberflächlich am Boden hinlaufen; wenn dagegen die Ansiedelung an Stengelbildungen erfolgte, so sind es entweder Zweige von Bäumen und Sträuchern oder die mit abgestorbenem Laube besetzten Sprosse von niedrigen, buschigen Halbsträuchern oder aber holzige Lianen des Tropenwaldes. Die Samen gelangen durch Vermittelung von Tieren an die Wirtpflanze.

Die Rafflesien findet man an den Standplätzen der Elefanten oder entlang den Pfaden, welche von diesen Tieren eingehalten werden, und es ist kaum daran zu zweifeln, daß die

genannten Tiere die Rafflesia-Früchte bei ihren Wanderungen mitunter zertreten und zerquetschen, bei welcher Gelegenheit die in die breiige Fruchtmasse eingebetteten kleinen Samen an den Füßen der Elefanten ankleben. Mehr oder weniger weit entfernt von dieser Stelle, wo das Ankleben erfolgte, werden die Samen an den über das Erdreich hinkriechenden und gleich Leisten vorspringenden Wurzeln von den Füßen wieder abgestreift, bleiben hängen und kommen, wenn die betreffende Wurzel einer Cissus-Pflanze angehört, zum Keimen. Jene Rafflesiaceen aber, welche an holzigen Zweigen von Bäumen, Sträuchern und niederm Buschwerke und an Lianen vorkommen, entwickeln beerenartige Früchte, welche von Tieren als Nahrung aufgenommen werden, und deren durch eine hornige Haut geschützte Samen,



Rafflesiaceen, auf holzigen Stämmen und Zweigen schmarotzend: 1. Pilostyles Haussknechtii. — 2. Apodanthes Flacourtiana. — 3. Pilostyles Caulotreti. Vgl. Text, S. 185—187.

nachdem sie den Darmkanal der Tiere, unbeschadet ihrer Keimfähigkeit, passiert haben, mit dem Kote an die Stengel neuer Wirtpflanzen gelangen. Oder aber die Samen kleben an irgend einem Körperteile eines vorbeistreifenden Tieres an und werden als ein unbequemes Anhängsel später wieder abgestoßen, wobei sie an den Stengel einer Wirtpflanze gelangen. Jene Rafflesiaceen, welche auf der unter dem Namen „Affenstiege" bekannten holzigen Liane (Caulotretus) in Venezuela vorkommen, werden höchst wahrscheinlich durch die Affen verbreitet.

Mag nun der Same auf diese oder jene Art an eine holzige, oberflächlich laufende Wurzel oder an den Stamm einer Holzpflanze gelangt sein, immer findet der aus dem Samen hervorgegangene fadenförmige Keimling an solchen Stellen einen geeigneten Nährboden, durchbringt die Rinde und wächst unter derselben zu einem Gewebe aus, welches scheidenartig den Holzkörper umwuchert. Dieses Gewebe besteht bei Rafflesia und der auf den halbstrauchigen Tragantsträuchern vorkommenden Pilostyles (P. Haussknechtii, s. obenstehende Abbildung, Fig. 1) aus Zellreihen, welche sich dem freien Auge als Fäden darstellen und

die, bald einfach und langgestreckt, bald verzweigt, sich netzförmig verbinden und einem Pilzmycelium zum Verwechseln ähnlich sehen. Zumal mit den Mycelien jener Hutpilze, welche sich in Gestalt von Netzen und Gespinsten zwischen Rinde und Holz alter Baumstämme ausbreiten, zeigen diese unter der Rinde wuchernden Vegetationskörper die größte Übereinstimmung. Der Vegetationskörper der andern Pilostyles-Arten stellt ein Gewebe von mehreren Zellschichten dar und bildet ein Parenchym, welches zwischen Rinde und Holz der Wirtpflanze nistet, und in welchem sich auch Gefäße und Zellreihen eingeschaltet finden, die als Gefäßbündel gedeutet werden können. Nur selten bildet dieses Gewebe des Schmarotzers einen den Holzkörper der Wirtpflanze rings umhüllenden, ununterbrochenen Hohlcylinder; meistens schieben sich Gewebeteile des Wirtes in denselben ein, welche als Streifen, Leisten und Fasern den cylindrischen Vegetationskörper durchsetzen und zerteilen. Manche Gewebeteile des Wirtes, welche der eingenistete Parasit vom lebendigen Holze abgehoben hat und gleichsam auf seinem Rücken trägt, sterben ab; mitunter aber bleiben diese abgehobenen Schichten seitlich mit denen andrer lebendiger Gewebe in Verbindung, erhalten sich dann auch selbst lebendig und teilungsfähig und entwickeln Schichten von Holzzellen, welche sich auf dem Rücken des Parasiten ablagern. Alles ist dann durch- und übereinander geschoben, zerrüttet, verworren und verschlungen, und es ist schwierig, zu sagen, was dem Parasiten und was dem Wirte angehört.

Hat der Gewebekörper des Schmarotzers die Verbindung in der eben geschilderten Weise bewerkstelligt, so ist die Wirtpflanze auch nicht mehr im stande, sich des Eindringlinges zu entledigen. Ein Teil der Säfte des Wirtes geht in die Zellen des Schmarotzers über, dieser nimmt an Umfang zu und sucht sich alsbald auch durch Frucht- und Samenbildung zu vermehren und zu verbreiten. Zu diesem Behufe bildet sich an passenden Stellen im Gewebekörper des Parasiten eine Knospe aus, ein Parenchym, welches ein polsterförmiges Ansehen zeigt und deshalb auch Floralpolster genannt wird. In diesem Floralpolster aber gruppieren sich jetzt die Zellen in ganz bestimmter Weise; es entstehen Zellenzüge und Gefäße, und es zeigt sich alsbald eine Gliederung in Achse und Blüten. Diese Glieder entwickeln sich weiter, nehmen an Umfang zu, und die vergrößerte Knospe durchbricht jetzt die Rinde der Wirtpflanze, unter welcher sie sich ausgebildet hatte.

Nur bei der Gattung Cytinus wächst aus dieser Knospe ein reichbeblätterter Stengel hervor, der oben einen Ebenstrauß von Blüten trägt (s. Abbildung, S. 183 links), bei den andern Rafflesiaceen ist dagegen die Knospe, welche die Rinde des Wirtes durchbrochen hat, schon die Blütenknospe selbst. Die Achse, welche diese Blütenknospe trägt, ist aufs äußerste verkürzt, nur mit wenigen Schuppen besetzt, und die Blüten sitzen unmittelbar den Wurzeln oder Stengeln des Wirtes auf (s. Abbildung, S. 187). An den über den Boden hingestreckten Wurzeln brechen die Knospen immer nur an der obern, dem Lichte zugewendeten Seite hervor, auch an den Lianen bilden sie sich nur an jener Seite aus, welche besser beleuchtet ist, und wo später die geöffneten Blüten den anfliegenden Insekten leicht zugänglich sind (s. Abbildung, S. 185, Fig. 3); an den aufrechten Sträuchern und Halbsträuchern dagegen brechen sie allseitig an den Zweigen heraus. Derlei Zweige, welche mit den zum Durchbruche gekommenen Blüten des Schmarotzers allseitig besetzt sind, wie z. B. mit jenen der Apodanthes Flacourtiana (s. Abbildung, S. 185, Fig. 2), sehen dann täuschend dem im ersten Frühlinge vor der Entwickelung der Laubblätter blühenden Seidelbaste (Daphne Mezereum) ähnlich, dessen holzige Zweige auch ringsum mit wagerecht abstehenden Blüten besetzt sind; nur sind in dem einen Falle die Blüten des unter der Rinde wuchernden fremden Schmarotzers zum Durchbruche gekommen, während sich beim Seidelbaste die eignen Blüten entfaltet haben. An der auf den buschigen, niedrigen Tragantsträuchern der Hochsteppen Persiens schmarotzenden Pilostyles Haussknechtii bilden sich die Knospen regelmäßig zu

beiden Seiten der Blattansätze des Wirtes aus, und man sieht dann an der Basis eines jeden alten Laubblattes ein paar Knöpfe hervorkommen, die sich später als Blüten öffnen (s. Abbildung, S. 185, Fig. 1).

Die Blüten dieser Apodanthes- und Pilostyles-Arten sind durchgehends klein, haben etwa die Größe der Flieder-, Jasmin- oder Wintergrünblüten und sind nichts weniger als auffallend. Anders verhält es sich aber mit den Gattungen Brugmansia und Rafflesia. Schon die auf Borneo und Java heimischen Brugmansien, von welchen wir die auf einer



Schmarotzende Rafflesiacee (Brugmansia Zipellii) auf einer Cissus-Wurzel. Vgl. Text, S. 186 und 187.

Cissus-Wurzel schmarotzende Brugmansia Zipellii obenstehend in natürlicher Größe abgebildet einschalten, haben recht ansehnliche Blüten. Ihr Umfang wird aber noch vielmals übertroffen durch die Blüten der Rafflesien, deren eine, nämlich Rafflesia Arnoldi, geradezu als die größte Blume der Welt bezeichnet werden kann. Geöffnet, besitzt nämlich diese Blüte den Durchmesser von 1 m, was selbst von den riesigen Blüten der südamerikanischen Aristolochien nicht erreicht wird. Wenn die Knospen dieser Blüten aus den Wurzeln der Reben, welche als Wirtpflanzen dienen, hervorbrechen, haben sie nur den Umfang einer Walnuß und lassen kaum die einstige Größe ahnen; sie nehmen aber allmählich an Umfang zu und ähneln vor dem Öffnen in geradezu verblüffender Weise einem Weißkohlkopfe. Die Deckblätter, welche die eigentümliche Blume zu dieser Zeit noch einhüllen und ihr eben das erwähnte Aussehen geben, schlagen sich nun zurück, und die ganz zuletzt noch stark vergrößerte Blume öffnet sich jetzt mit fünf gewaltigen Lappen, welche den mittlern napf- oder kelchartigen Teil

umranden. Der Form nach ließe sich die offene Riesenblume am besten mit der Blüte eines Vergißmeinnichts vergleichen. Die Lappen haben wenigstens einen übereinstimmenden, halbkreisförmigen Umriß, und auch der sehr kurze Schlund der Blüten zeigt eine entfernte Ähnlichkeit. Dort, wo das napfförmige Mittelstück, dem die Staubgefäße und Griffel eingefügt sind, in die Lappen übergeht, zeigt sich ein dicker, fleischiger Ring, ähnlich einer Nebenkrone. Das vertiefte Mittelstück, der Ring und die auf der obern Seite mit zahlreichen Warzen besetzten Lappen sind fleischig, und die ganze Blüte entwickelt einen unangenehmen Aasgeruch. Entdeckt wurde diese Wunderblume zuerst im Jahre 1818 im Innern von Sumatra zu Pulo Lebbas am Mannastrome, wo sie auf den Wurzeln wilder Reben an Orten, wo der Boden mit Elefantenmist bedeckt ist, schmarotzt. Außerhalb Sumatra ist sie bisher noch



Rafflesia Padma, auf oberflächlich verlaufenden Wurzeln schmarotzend.

nirgends gesehen worden. Dagegen hat man noch vier andre Rafflesien aufgefunden und zwar alle auf den Inseln des Indischen Ozeanes, auf Java, Borneo und den Philippinen. In der Wachstumsweise sowie auch in der Form der Blüten stimmen sie mit der eben geschilderten Art überein, aber in der Größe der Blüten stehen sie mehr oder weniger zurück. Die auf Java vorkommende **Rafflesia Padma**, von welcher obenstehend eine Abbildung eingeschaltet ist, besitzt Blüten, welche nur den Durchmesser von $^1/_2$ m haben. Die vertiefte, etwas ausgebauchte Mitte sowie der Ring, welcher den Blütengrund besäumt, sind bei dieser **Rafflesia** schmutzig blutrot, die warzigen Lappen haben fast die Farbe der menschlichen Haut; die Blüten sitzen den schlangenförmig über den dunkeln Waldgrund sich hinziehenden Wurzeln auf, und es entströmt ihnen ein nichts weniger als angenehmer Kadavergeruch: alles Eigentümlichkeiten, welche den unheimlichen Eindruck erklären, den diese Gebilde auf die ersten und auch auf alle spätern Beobachter hervorbrachten und noch hervorbringen.

Während die Rafflesien sowie die Arten der Gattungen **Brugmansia** und **Sapria** den tropischen und subtropischen Gebieten Asiens und der südlich sich anschließenden Inselwelt angehören, erscheint die Gattung **Apodanthes** auf das tropische Amerika beschränkt.

Auch die meisten Pilostyles-Arten gehören dem tropischen Amerika, zumal Brasilien, Chile, Venezuela und Neugranada, an, nur eine Art, nämlich Pilostyles Aethiopica, ist in den Gebirgen von Angola und eine weitere Art, wie schon wiederholt erwähnt, in Persien beobachtet worden.

In Europa ist die merkwürdige Gruppe der Rafflesiaceen nur durch eine einzige Art, nämlich durch den auf S. 183, Fig. links, abgebildeten Hypocist (Cytinus Hypocistus), vertreten, und zwar findet sich dieser durch das ganze mittelländische Florengebiet verbreitet. Den Nährboden für den Hypocist bilden die Wurzeln der für die Vegetation des Mittelmeerbeckens so charakteristischen Zistrosensträucher. Insbesondere dort, wo die Erdkrume eine seichte ist und demzufolge die Wurzeln der genannten Sträucher ziemlich oberflächlich verlaufen oder teilweise auch bloßliegen, trifft man unter dem Gestrüppe der Zistrosen den Hypocist in großer Menge angesiedelt. Da die schuppenförmigen Blätter, welche den Stengel dieses Schmarotzers bekleiden, scharlachrot gefärbt sind, und da der Hypocist nicht vereinzelt, sondern in großer Menge vorzukommen pflegt, so sieht man stellenweise aus den Lücken der Zistrosenbestände ein flammendes Rot hervorleuchten, durch das man schon von fern auf das Vorkommen dieses Schmarotzers aufmerksam wird. Die Blüten selbst, welche sich zwischen den roten, schuppenartigen Deckblättern öffnen, sind gelb gefärbt, eine Farbenverbindung, welche in der Pflanzenwelt zu den Seltenheiten gehört und die auch dieser Pflanze ein recht fremdartiges Ansehen verleiht. Außer der im mittelländischen Florengebiete verbreiteten Cytinus-Art finden sich noch zwei weitere Arten in Mexiko und eine auch im Kaplande, welche wohl nicht auf Cistus-Sträuchern, sondern auf andern Holzpflanzen, zumal auf Eriocephalus, schmarotzen, die aber in ihrem Blütenbaue sowie in betreff der Verbindung mit dem Wirte von dem Cytinus Hypocistus nicht abweichen.

Misteln und Riemenblumen.

Die sechste, zugleich letzte Reihe der schmarotzenden Blütenpflanzen umfaßt Übergewächse von buschigem Ansehen, mit vielgabelig verzweigten Ästen, grüner Rinde, grünen Blättern und beerenartigen Früchten, deren große Samen unmittelbar auf den Ästen und Zweigen jener Bäume keimen, welche ihnen als Wirtpflanzen einen Teil der Nahrung abtreten müssen. Es gehören in diese Reihe ein Dutzend im südlichen Asien und vorzüglich im Indischen Archipel heimische Arten der Gattung Henslowia aus der Familie der Santalaceen und dann weit über dreihundert Arten aus der Familie der Loranthaceen. Die bekannteste und verbreitetste Pflanze unter diesen ist die auf S. 190 abgebildete europäische Mistel (Viscum album), welche auch in Beziehung ihrer Lebensweise als Vorbild für die ganze Reihe gelten kann und darum auch vor allen andern hier besprochen werden soll.

Sie schmarotzt bekanntlich auf Bäumen und zwar sowohl auf Laubhölzern als auch auf Nadelhölzern. Am häufigsten siedelt sie sich an solchen Bäumen an, deren Äste mit einer weichen, saftreichen Rinde, insbesondere mit einem möglichst dünnen und zarten Korkgewebe, bekleidet sind, wie das bei den Weißtannen, den Apfelbäumen und den Pappeln der Fall ist. Der Lieblingsbaum der Mistel ist jedenfalls die Schwarzpappel (Populus nigra). Auf den Ästen derselben gedeiht sie in einer erstaunlichen Üppigkeit, und dort, wo die Schwarzpappel in kleinern Beständen wächst, bilden die Misteln selbst wieder förmliche Bestände in den Baumkronen. Entlang der Küste der Ostsee und in den Augehölzen längs der Donau bei Wien, zumal im berühmten Prater, welchem die S. 191 eingeschaltete Abbildung entnommen ist, trifft man auf manchen Schwarzpappeln Mistelbüsche, welche einen Umfang von 4 m und eine Stammesdicke von 5 cm besitzen, und deren dichtes Gezweige

die Vögel mit Vorliebe zum Baue ihrer Nester benutzen. In den Wäldern des Karstes in Krain und im Schwarzwalde, wo Pappelbäume nur eine untergeordnete Rolle spielen, wo dagegen ausgedehnte Bestände der Weißtanne den Boden beschatten, sind unzählige Wipfel des zuletzt genannten Nadelholzes mit Misteln besetzt, und in den Rheingegenden sowie im Innthale in Tirol ist sie ein lästiger Gast auf den Apfelbäumen in der Umgebung von Bauerngehöften. Wo diese drei vorzüglich als Wirtpflanzen beliebten Bäume fehlen oder doch sehr zurücktreten, nimmt die Mistel auch mit andern Gehölzen vorlieb, und man findet sie dann gewöhnlich auf jener Baumart, welche in der betreffenden Landschaft die häufigste ist, in dem Schwarzkiefergebiete des Wiener Waldes auf Schwarzföhren,

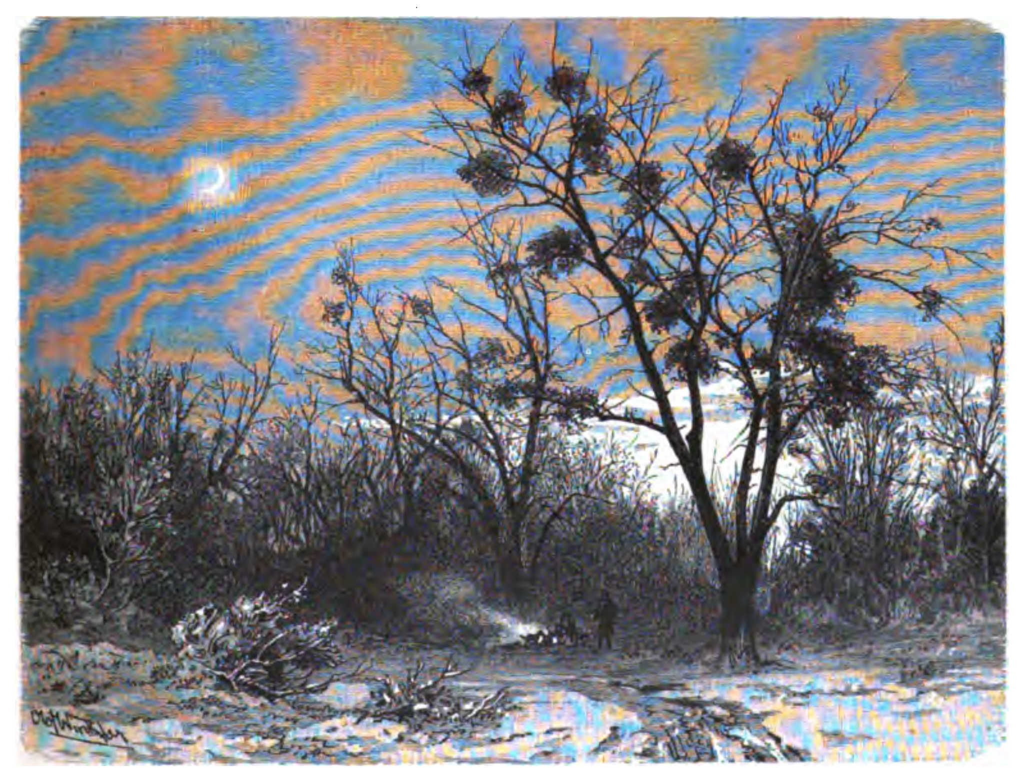


Europäische Mistel (Viscum album). Vgl. Text, S. 189.

in den Heidewäldern auf der sandigen Niederung der Mark auf der gewöhnlichen Kiefer. Weit seltener wurde ihr Vorkommen auf Walnußbäumen, Linden, Ulmen, Robinien, Weiden, Eschen, Weißdorn-, Birn-, Mispel-, Zwetschen- und Mandelbäumen und den Sorbus-Arten beobachtet. Ausnahmsweise fand man Misteln auch auf Eichen, Ahornen und ältern Weinstöcken und in der Gegend von Verona einmal auch auf den schmarotzenden Gebüschen der Riemenblume (Loranthus Europaeus), also eine Loranthacee auf der andern, angesiedelt. Birken, Buchen und Platanen werden von ihr gemieden, was jedenfalls mit dem eigentümlichen Baue der Rinde dieser Bäume im Zusammenhange steht.

Die Verbreitung der europäischen Mistel erfolgt, wie bei allen andern Loranthaceen, durch Vögel und zwar insbesondere durch die Drosseln, welche die Mistelbeeren als Nahrung aufnehmen und die unverdauten Samen mit den Exkrementen auf den Baumästen ablagern. Daß diese Samen nur dann keimen, wenn sie früher durch den Darmkanal der Vögel

gegangen sind, ist allerdings eine Fabel, und es wird diese ältere Angabe leicht dadurch widerlegt, daß man Samen aus den frisch vom Baume abgenommenen Beeren, in die Ritzen der nächstbesten Baumrinde geklebt, regelmäßig zum Keimen bringen kann; aber diese Fabel ändert durchaus nichts an der Thatsache, daß in der freien Natur die Mistelsamen nur durch Vögel in der oben angegebenen Weise verbreitet werden. Es hängt mit dieser Verbreitungsweise auch die im ersten Augenblicke frappierende Erscheinung zusammen, daß die Stöcke der Mistel nur selten auf den obern, dagegen sehr häufig an den Seitenflächen der Äste aufsitzen. Der Kot der von Mistelbeeren lebenden Drosseln bildet nämlich eine zähflüssige, sehr klebrige Masse, welche sich wie Vogelleim in Fäden zieht und die, wenn sie



Mistelbüsche auf der Schwarzpappel im Winter. Vgl. Text, S. 189.

auch auf der obern Fläche der querlaufenden Baumäste deponiert ward, doch sofort längs den Seiten des Astes herabfließt und mitunter auch zu Strängen von 20—30 cm Länge sich ausspinnt. Die darin eingebetteten Mistelsamen werden durch diese dem Gesetze der Schwere folgende zähflüssige Kotmasse an die Seiten, ja selbst an die untern Flächen der Rinde hingeführt und angeklebt.

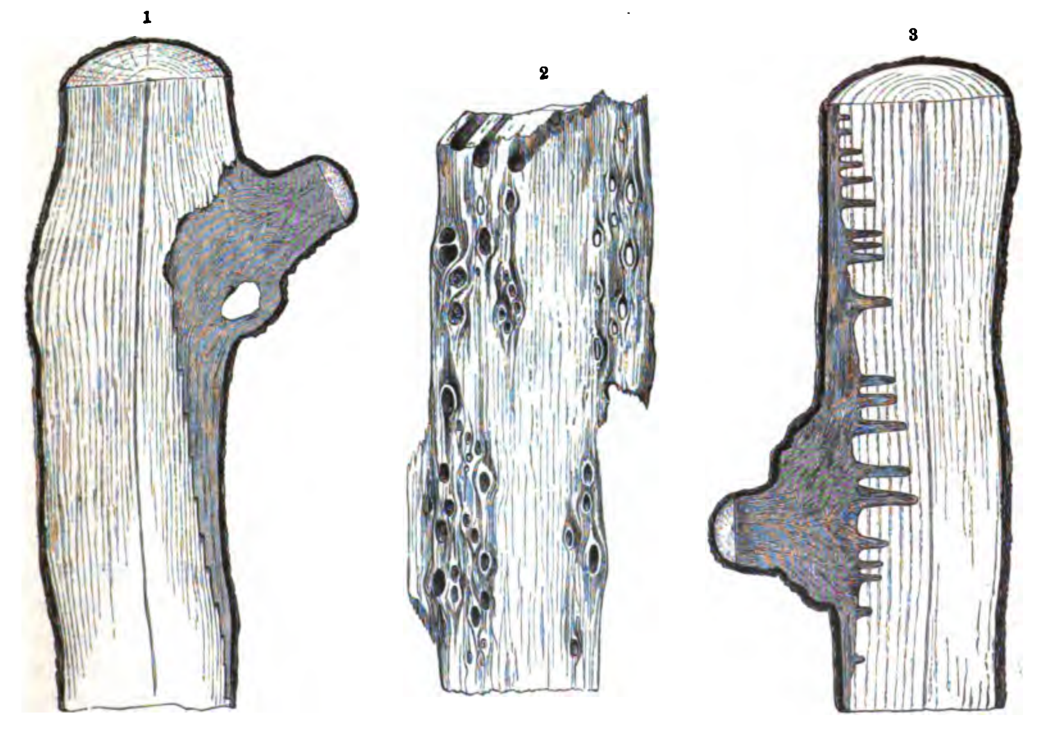
Es kann ziemlich lange dauern, bis ein solcher Mistelsame keimt, zumal dann, wenn derselbe schon im Herbste angeklebt wurde. Der Keimling, welcher im Samen von Reservenahrung rings umgeben ist, erscheint verhältnismäßig groß, hat eine keulenförmige Gestalt und ist dadurch ausgezeichnet, daß seine zwei länglichen, dicht aneinander liegenden, nur an den Rändern manchmal etwas wellig gebogenen Samenlappen gleich der umgebenden mit Reservenahrung gefüllten Zellenmasse von Chlorophyll dunkelgrün gefärbt ist. Bei der Keimung streckt sich die Achse des Keimlinges und zwar vorzüglich jenes Stück derselben, welches

unterhalb der Samenlappen liegt und das in die halbkugelige Anlage des Würzelchens übergeht, die weiße Samenhaut wird durchbrochen, das Würzelchen kommt aus dem Risse zum Vorscheine und wird unter allen Umständen gegen die Rinde des Astes hingelenkt, an welchem der Same angeklebt ist. Es wird diese Richtung selbst dann eingehalten, wenn der Same zufällig so angeleimt war, daß das Würzelchen des Keimlinges an dem von der Astrinde abgewendeten Ende des Samens zu liegen kam. In solchem Falle findet eine sehr auffallende Krümmung der ganzen Achse des Keimlinges gegen die Rinde hin statt. Immer gelangt so das Würzelchen an die Rinde, legt sich an dieselbe an, verklebt mit ihr, breitet sich zu einem kuchenförmigen Gebilde aus und gestaltet sich so zu einer förmlichen Haftscheibe. Aus der Mitte derselben wächst nun ein feiner Fortsatz in die Rinde der Wirtpflanze hinein, durchbohrt dieselbe und dringt bis zum Holzkörper vor, ohne in diesen aber hineinzuwachsen. Man hat diesen sich einsenkenden Fortsatz Senker genannt, und es ist derselbe als eine eigentümlich modifizierte Wurzel aufzufassen.

Mit der Ausbildung dieses Senkers ist die Entwickelung für das erste Jahr abgeschlossen. Nach Ablauf des Winters wächst der Ast, dessen Holzkörper der Senker nur mit seiner Spitze erreicht hatte, in die Dicke; über dem vorjährigen Holze bildet sich eine neue Schicht von Holzzellen, ein sogenannter Jahresring, aus. Diese wachsende Holzmasse umlagert zuerst die Spitze des Senkers mit Holzzellen, umwallt ihn dann auch von der Seite her, drängt hier das Rindengewebe, in welchem der Senker bislang eingekeilt war, vor sich her nach außen, und so kommt es, daß schließlich der Senker tief in der Holzmasse darinnensteckt. Wie ein Pfahl, der am Ufer des Meeres steht, bei steigender Flut anfänglich nur an seinem untern Ende, dann an den Seiten und allmählich immer weiter hinauf vom Wasser umgeben wird und schließlich ganz im Wasser steht, ebenso wird auch hier der einem Pfahle vergleichbare Senker von der höher und höher sich aufbauenden Masse der Holzzellen umwallt und eingeschlossen. Der Senker selbst bleibt eigentlich unverrückt; nicht er wächst in das Holz hinein, sondern das Holz überwuchert den Senker. Wie nun aber in der Folgezeit, wenn sich neuerlich ein Jahresring am Holze bildet? Würde der Senker alles Wachstum gänzlich eingestellt haben, so müßte er von den immer mächtiger sich aufbauenden Holzschichten des in die Dicke wachsenden Baumastes schließlich ganz überwallt und förmlich begraben werden. Damit nun diese für die Mistel so gefährliche gänzliche Einhüllung ihres Senkers nicht stattfinden könne, bildet sich nahe der Basis des Senkers eine Zone von Zellen aus, welche in derselben Zeit, in welcher die umgebende Holzmasse sich erhöht, gleichfalls erhöht wird, was natürlich eine Verlängerung des Senkers nach außen zur Folge hat. Das Stück aber, das sich dort im Senker eingeschaltet hat, ist genau so lang, wie der betreffende Jahresring in dem umgebenden Holze des Astes dick ist. So erscheint schließlich der Mistelsenker in eine Menge von Jahresringen eingepfählt, obschon er nicht in dieselben hineingewachsen ist, sondern von ihnen alljährlich überwallt wurde.

In der die Wachstumsfähigkeit behaltenden Zone des Senkers, welche nach dem eben Gesagten immer an der äußern Grenze des als Nährboden dienenden Astholzes in der sogenannten Bastschicht an der innern Seite der Rinde zu suchen ist, entstehen im zweiten Jahre nach der Ansiedelung des Mistelkeimlinges auch seitliche Abzweigungen, die von den Botanikern Rindenwurzeln genannt werden. Die Rindenwurzeln stellen sich als dicke, cylindrische oder etwas zusammengedrückte Fäden dar und verlaufen alle nebeneinander gereiht unter der Rinde in der Bastschicht des angefallenen Astes. Während die Senker senkrecht auf der Achse des befallenen Astes stehen, halten diese von den Senkern ausgehenden Rindenwurzeln eine zur Längsachse des Astes parallele Richtung ein (s. Abbildung, S. 193). Zweigt eine solche Rindenwurzel quer zur Längsachse vom Senker ab, so biegt sie

sofort nach ihrem Ursprunge unter rechtem Winkel ab und hält die Richtung der andern ein, oder aber sie gabelt sich gleich über ihrer Ursprungsstelle in zwei Äste, diese fahren plötzlich auseinander und folgen in ihrem weitern Verlaufe auch wieder der Längsachse des Astes. So kommt es, daß sämtliche Rindenwurzeln einer Mistelpflanze als parallele, dicke, grüne Fäden oder Stränge an dem befallenen Aste der Wirtpflanze hinauf-, beziehentlich herablaufen, daß aber niemals eine dieser Rindenwurzeln den Ast umgürtet oder eine ringförmige Schlinge um denselben bildet. Jede dieser Rindenwurzeln kann nun hinter ihrer fortwachsenden Spitze neue Senker entwickeln, welche ganz ähnlich dem oben geschilderten ersten, vom Mistelkeimlinge ausgegangenen Senker gebildet sind. Wie diese wachsen sie senkrecht auf die Achse des befallenen Astes bis zum festen Holze einwärts, wie diese werden sie



1. Riemenblume (Loranthus Europaeus) und 3. Mistel (Viscum album), auf Baumästen schmarotzend, Durchschnitt. — 2. Ein Stück Tannenholz, von den Senkern der Mistel durchlöchert. Vgl. Text, S. 192—196.

dann von der sich verdickenden Holzmasse umwuchert, wie diese erhalten sie sich in der Nähe ihrer Ursprungsstelle in wachstumsfähigem Zustande und halten im Wachstume gleichen Schritt mit dem sich verdickenden Holzkörper des Astes. Da sich diese von den Rindenwurzeln ausgehende Senkerbildung jährlich wiederholt, so erklärt es sich, wie es kommt, daß die der fortwachsenden Spitze der Rindenwurzeln zunächst stehenden Senker als die jüngsten auch die kürzesten, die weiterhin gegen den ersten Senker zu abzweigenden Senker die ältesten sind, daß die erstern nur von einem, die letztern aber von desto mehr Jahresringen des Astholzes umwachsen erscheinen, je mehr sie sich der Stelle nähern, wo die erste Einwurzelung des Mistelpflänzchens erfolgte.

Das ganze Wurzelsystem der Mistel läßt sich mit einem Kiefer oder noch besser mit einem Rechen vergleichen. Der Querbalken des Rechens entspricht der Rindenwurzel, die Zähne des Rechens entsprechen den Senkern; der Querbalken ist parallel zur Achse des

Astes und unter der Rinde liegend, die Zapfen des Rechens senkrecht auf die Achse des Astes und in das Holz desselben eingepfählt zu denken.

Während sich die Mistelpflanze im Innern des angefallenen Baumastes in der angegebenen Weise mit ihren Wurzeln breit macht, entwickelt sich über der Astrinde der Stengel derselben. Zur Zeit, wenn aus der Haftscheibe des Keimlinges der später zum ersten Senker sich ausgestaltende Fortsatz durch die Rinde sich eindrängt, sind die Samenlappen noch von der weißen Samenhaut wie mit einer Mütze umgeben; nachdem aber dieser erste Senker einmal festsitzt und aus dem Holze des Wirtes flüssige Nahrung aufzunehmen im stande ist, wird die Samenhaut abgeworfen, die Spitze des noch sehr kurzen Stengelchens richtet sich auf, die Samenlappen lösen sich, fallen ab, und nahe über ihnen entsteht ein grünes Blattpaar. Von nun an hält die Entwickelung des über der Rinde sichtbaren Teiles der Mistelpflanze gleichen Schritt mit der Entwickelung der Wurzeln unter der Rinde und hängt auch ab von der Menge der aus dem Holze durch die Senker aufgenommenen Nahrung. Wo diese sehr reichlich ist, wie in den Pappelbäumen, wächst die Mistel auch in größter Üppigkeit heran; wo sie spärlicher fließt, bleibt sie im Wachstume zurück und bildet dann oft nur kleine, gelblich und kränklich aussehende Büsche. Ist die nährende Wirtpflanze freigebiger Natur, so entspringen regelmäßig auch von den Rindenwurzeln, welchen von den Senkern die aufgesaugte Nahrung zunächst zugeführt wird, und zwar an der äußern der Rinde zugewendeten Seite, Brutknospen, welche dann ausschlagen, die Rinde durchbrechen und zu neuen Mistelpflanzen heranwachsen.

Es sind solche Ausschläge der Wurzelbrut zu vergleichen, welche aus den unter der Erde hinkriechenden Wurzeln der Zitterpappel heranwächst, und es ist dieser Vergleich um so zutreffender, als der Ausschlag von Wurzelbrutknospen bei der Mistel durch das Abschneiden des Mistelbusches gerade so befördert wird wie bei den Zitterpappeln das Heranwachsen von solchem Wurzelausschlage durch das Fällen der Bäume, welchen jene Wurzeln angehören. Entfernt man einen größern Mistelbusch, der sich vereinzelt auf einer Schwarzpappel entwickelt hat, in der Meinung, dadurch diesen Baum von seinem Schmarotzer zu befreien, so wird man in den gehegten Erwartungen sehr getäuscht; denn an zahlreichen Punkten entstehen jetzt aus den Rindenwurzeln Wurzelausschläge, und statt mit einem Mistelbusche ist der Schwarzpappelbaum in wenigen Jahren mit einem Dutzend von Mistelbüschen besetzt. Da diese durch Stockausschlag entstandenen Mistelbüsche unter günstigen Verhältnissen neuerdings Rindenwurzeln aussenden können und diese wieder Stockausschläge bilden, so wird ein solcher guter Wirt schließlich an allen seinen Ästen von oben bis unten mit Misteln überwuchert. Im Prater bei Wien stehen Pappelbäume, welche mit wenigstens 30 großen und doppelt so viel kleinen Mistelsträuchern besetzt sind, und sieht man von einiger Entfernung einen solchen Baum im Winter, zur Zeit, wenn seine Laubblätter von den Zweigen gefallen sind, so glaubt man einen Mistelbaum vor sich zu haben; denn fast die ganze Krone erscheint als ein zusammenhängendes Gewirr immergrüner schmarotzender Mistelgebüsche.

Da man im Weißtannenholze Senker der Mistel von 10 cm Länge gefunden hat, welche von 40 Jahresringen des Tannenholzes umwallt waren, so kann man daraus schließen, daß die Mistel 40 Jahre alt werden kann. Ein höheres Alter dürfte ein und derselbe Mistelbusch kaum erreichen. Stirbt die Mistel ab, so erhalten sich die Rindenwurzeln sowie die Senker noch eine Zeitlang, vermodern und zerfallen aber schließlich, während das Holz, in welchem die Senker eingebettet waren, unverändert bleibt. Solche Holzstücke sind dann vielfach durchlöchert und sehen gerade so aus wie das Holz einer Scheibe, auf welche zahlreiche Schüsse abgefeuert wurden, und die von Schroten oder kleinen Kugeln getroffen wurde (s. Abbildung, S. 193, Fig. 2).

Schmarotzend auf den rotbeerigen Wachholderbüschen (Juniperus Oxycedrus) des mittelländischen Florengebietes findet sich eine kleine Loranthacee, welche den Namen Wachholdermistel (Viscum Oxycedri oder Arceuthobium Oxycedri) führt und welche von der gewöhnlichen europäischen Mistel schon auf den ersten Blick dadurch sehr abweicht, daß ihre Laubblätter in kleine Schuppen reduziert sind, wodurch die Verzweigungen ein eigentümliches, gegliedertes Aussehen erhalten. Eine ganze Reihe von mit dieser Art verwandten, blattlosen Formen findet sich in Ostindien und Japan, auf Java und Bourbon, in Mexiko, Brasilien und im Kaplande. Fast alle sind kleine Büsche, welche von den Ästen ihrer Wirtpflanzen ausgehen und diese mitunter so dicht überziehen, daß die Äste der wirtlichen Sträucher, welche als Nährboden dienen, von ihnen ganz eingehüllt werden. Die Zweiglein der nur 3—5 cm großen Wachholdermistel sind nicht holzig, sondern weich und krautartig; ihre Früchte, welche sich als fast saftlose, blaue, längliche Beeren darstellen, werden durch Vögel gerade so wie die Beeren der gewöhnlichen Mistel verbreitet, und auch die Ansiedelung und das Anwachsen an den Zweigen der Wirtpflanze erfolgt in ähnlicher Weise wie bei jener. Sie entwickelt wieder Senker und Rindenwurzeln, aber diese Wurzelbildungen sind hier durchaus nicht so regelmäßig geordnet wie bei Viscum album, sie bilden ein fast unentwirrbares Geflecht von Strängen und Fäden, welches die innern Schichten der Rinde durchzieht und das sich in immer feinere Zellengruppen auflöst, welche schließlich einem Mycelium nicht unähnlich sehen und auch an den Saugapparat der Rafflesiaceen erinnern. Diejenigen dieser Stränge und Zellenfäden, welche in dem Holze des Wachholders eingebettet liegen, spielen auch die Rolle von Saugapparaten. Sie sind in Unzahl vorhanden, und einige derselben sind mitunter von mehreren Jahresringen umwallt. Eine besondere Wachstumszone fehlt in denselben. Dadurch, daß sich einzelne ihrer Zellen und Zellengruppen teilen, findet jene Verlängerung statt, welche nötig ist, damit das in die Dicke wachsende Holz die Saugapparate nicht ganz einhülle und überwalle. Der Wurzelausschlag ist hier noch viel reichlicher als bei der gewöhnlichen Mistel, aber auch das Absterben der zuerst ausgebildeten Schmarotzerstöcke erfolgt viel früher, und neben kleinen und sehr kleinen Büschen, welche gelbgrün gefärbt sind, findet man sehr regelmäßig auch abgestorbene oder im Absterben begriffene, gebräunte Sträuchlein, alle durcheinander die etwas aufgetriebenen Zweige des rotbeerigen Wachholders überwuchernd.

Ganz eigentümlich verhält sich die auf den Eichen- und Kastanienbäumen im östlichen und südlichen Europa schmarotzende Riemenblume (Loranthus Europaeus). Die Art und Weise, wie sie an die Äste der Eichen kommt, ist allerdings ähnlich wie bei den beiden früher besprochenen Loranthaceen. Die in zierliche, zweizeilige Träubchen gruppierten gelben Beeren werden von den Drosseln im Herbste und Winter gern gefressen, und es gelangen die unverdauten Samen mit dem Kote dieser Vögel an die Äste und Zweige der Bäume. Der hier aus den Samen hervorwachsende Keimling krümmt sich zur Rinde hin und klebt sich dort, meistens in der Tiefe kleiner Sprünge und Risse, mittels des zur Haftscheibe werdenden Würzelchens an. Aus der Mitte dieser Haftscheibe wächst dann ein alle Rindenschichten des Eichenastes durchbringender Fortsatz bis in das junge Holz hinein, und dieser einem eingeschlagenen kleinen Nagel vergleichbare Fortsatz wächst auf Kosten der Nahrung, welche er dem jungen Holze entzieht, in die Dicke und entwickelt einen, zwei oder drei Äste, welche aber immer nur nach abwärts, also gegen die Richtung des im Eichenholze aufsteigenden Saftstromes, unter der Rinde verlaufen und niemals Senker bilden, wie sie die Misteln zeigen. Jede dieser Wurzeln hat schon in der Anlage die Gestalt eines Keiles und wirkt auch in der That wie ein Keil, indem sie zwischen die noch zarten und weichen Zellen des sogenannten Kambiums, die an der Peripherie des festen, alten, vorjährigen Holzkörpers im Frühlinge ausgebildet wurden, und aus denen ein neuer Jahresring

hervorgehen soll, sich eindrängen und dabei dieses Zellgewebe spalten und zerreißen. Was von diesen zarten Zellen außerhalb des Keiles zu liegen kommt, stirbt ab; was innerhalb desselben liegt, verholzt und wird zu festem Holze, das der keilförmigen Wurzel fest anliegt. Unterhalb der Spitze des Keiles erstreckt sich begreiflicherweise die Verholzung der Kambiumzellen viel weiter nach außen, weil dort nichts abgespalten wurde und nichts abgestorben ist. Vor der Spitze des Keiles befindet sich daher jetzt festes, widerstandsfähiges Holz. Die Wurzel vermag dasselbe mit ihrer Spitze nicht mehr zu spalten und wird daher in ihrem Wachstume an dieser Stelle auch aufgehalten. Dagegen ist für sie kein Hindernis, wenn sie etwas weiter nach außen, dort, wo der neue Jahresring aus festem Holze sein Ende erreicht hat, und wo sich im Kambium wieder neue weiche und zarte Zellen ausgebildet haben, weiterwachsen will, was auch in der That geschieht.

Jedes Stück, um das sich die zwischen Holz und Rinde des Eichenastes fortwachsende Loranthus-Wurzel verlängert, ist daher von der Achse dieses Astes weiter entfernt, oder mit andern Worten, die Berührungsfläche zwischen Loranthus-Wurzel und Eichenholz hat die Gestalt einer Treppe, deren unterste Stufe die Basis bildet, und deren oberste die Spitze der Wurzel darstellt (s. Abbildung, S. 193, Fig. 1). Diese Stufen sind sehr klein, jede derselben zeigt etwa die Höhe von 5 bis 7 mm, sie sind aber an Längsdurchschnitten recht deutlich zu erkennen, wozu allerdings der Umstand wesentlich beiträgt, daß die eingewachsene Loranthus-Wurzel eine dunklere Färbung besitzt als das Eichenholz. An der Berührungsfläche saugt jedenfalls die Loranthus-Wurzel flüssige Nahrung aus dem Eichenholze, und es ist wahrscheinlich, daß diese Aufsaugung ganz vorzüglich an den stufenförmigen Einkerbungen stattfindet. Die Verlängerung der Wurzel kann natürlich nur in jenem Zeitraume erfolgen, in welchem sich eine junge, spaltbare Zellschicht an der Außenseite des festen Holzes findet, und das Weiterwachsen der Loranthus-Wurzel ist daher weit mehr an eine bestimmte Zeit und an den jährlichen Entwickelungsgang der von ihr überfallenen Eiche gebunden, als die Wurzel der Mistel, womit wohl auch im Zusammenhange stehen mag, daß die Mistel immergrünes Laub besitzt, während die Riemenblume sommergrün ist, im Frühlinge in derselben Woche wie die Eiche neues, junges Laub erhält und auch im Herbste in derselben Zeit wie der von ihr bewohnte Eichenbaum das Laub abwirft.

Der aus dem Keimlinge des Loranthus-Samens hervorgehende Stengel wächst vom Eichenaste weg in die Luft hinaus und entwickelt sich auf Kosten der ihm von der oben geschilderten Wurzel zugeführten, aus dem Eichenholze gesaugten Nahrung ziemlich rasch zu einem vielfach zweigabelig verästelten Busche, welcher im Sommer dem Mistelbusche nicht unähnlich ist, im Herbste aber, wenn er sein Laub abgeworfen hat, durch seine dunkelbraunen Zweige und die weithin sichtbaren gelben Beerenträubchen ein ganz andres Aussehen erhält.

Die Riemenblumengebüsche werden noch viel umfangreicher als jene der Mistel; ihre Stämme erreichen nicht selten die Dicke von 4 cm, überziehen sich mit schwärzlicher, rauher Borke, und derlei ältere Stämme sind dann gewöhnlich reichlich mit Flechten besetzt. Dort, wo die Loranthus-Stämme aus dem Eichenaste entspringen, sind sie immer mit einem mächtigen Walle aus Eichenholz umgeben, und manchmal steckt die Basis der Stämme in einem sehr regelmäßig gerundeten, tiefen Napfe, welcher lebhaft an ähnliche Bildungen erinnert, aus welchen die Stengel der Balanophoreen entspringen. Während aber diese schalen- oder napfförmige Umwallung des Stengels bei den Balanophoreen dem Schmarotzer angehört, ist sie bei der Riemenblume aus dem Holze der Wirtpflanze, d. h. der Eiche, gebildet. Dieselbe ist als eine Wucherung der Holzzellen aufzufassen und mit jenen Wucherungen zu vergleichen, welche man Gallen oder Cecidien nennt, und die später ausführlich in diesem Buche behandelt werden sollen. An alten Eichen des östlichen Europa

erreichen diese Wucherungen in der Umgebung des Ursprunges des Loranthus mitunter die Größe eines Mannskopfes. An einem nahezu hundertjährigen Loranthus-Busche aus dem Ernstbrunner Walde in Nieder-Österreich, welcher die Höhe von 1,2 m und den Umfang von 5,5 m erreicht hatte, zeigte diese Wucherung einen Umfang von 7 dm. Aber nicht nur der Ansatz des Riemenblumengebüsches am Eichenaste wird mit Holzzellen überwuchert, auch die ältern Stücke der früher geschilderten Wurzeln werden häufig von dem in die Dicke wachsenden Holze des Eichenastes umwallt und teilweise eingeschlossen. Man sieht sie dann manchmal tief im Holze stecken, aber nichtsdestoweniger dabei noch frisch und lebendig bleiben, was sich wohl daraus erklärt, daß durch einzelne Balken und Brücken noch immer der Zusammenhang mit den andern Teilen der Wurzeln erhalten bleibt. Es kann sogar aus solchen tief im Eichenholze eingepferchten Wurzelstücken sich ein Stockausschlag entwickeln, der, nach außen wachsend, alle über ihm liegenden Schichten durchbricht und zu einem jungen Busche wird, der unter der Eichenrinde Wurzeln treibt und sich dann gerade so verhält wie ein Stock, der aus einem am Eichenaste angeklebten Samen entstanden ist.

Die hier geschilderte Riemenblume (Loranthus Europaeus) hat nur unscheinbare gelbliche, kleine Blüten; unter der tropischen Sonne Afrikas, Asiens und vor allem des zentralen Amerika zählen dagegen die schmarotzenden Loranthus-Arten zu den mit den prächtigsten Blumen geschmückten Pflanzen. Es gibt in den Tropen Arten, wie z. B. Loranthus formosus, grandiflorus, Mutisii, deren Blüten einen Durchmesser von 10, 15, ja selbst 20 cm erreichen und zudem in die grellsten purpurnen und orangegelben Farben gekleidet erscheinen. Manche Loranthus sind kleinen Bäumen vergleichbar, welche andern Bäumen aufgepfropft sind. Als Wirtpflanzen dieser Riemenblumen erscheinen vorwaltend Laubhölzer, wiederholt hat man auch Loranthus auf Loranthus schmarotzend angetroffen, so z. B. in Chile Loranthus buxifolius auf dem Loranthus tetrandrus. Daß man bei Verona die europäische Mistel auf Loranthus schmarotzend beobachtet hat, wurde schon erwähnt. Zur Vervollständigung dieser komplizierten Verhältnisse der Schmarotzer untereinander verdient wohl auch noch bemerkt zu werden, daß in Indien eine Viscum-Art auf einer zweiten Viscum-Art, nämlich Viscum moniliforme auf Viscum orientale, schmarotzend gefunden wurde.

Pfropfen, Impfen, Äugeln.

Das Schmarotzen von Holzpflanzen auf Holzpflanzen, wie es bei den Loranthaceen vorkommt, erinnert an gewisse Verbindungen und Verwachsungen der Holzgewächse, welche von den Gärtnern künstlich eingeleitet werden. Seit uralter Zeit vollführen nämlich die Gärtner eigentümliche Operationen, welche unter dem Namen Veredeln bekannt sind und die darin bestehen, daß auf eine „Unterlage“, zu der in der Regel ein recht kräftig wachsender Stock einer wild wachsenden Strauch- oder Baumart, ein sogenannter Wildling, gewählt wird, der Zweig oder die Knospe eines andern Gewächses, etwa einer wertvollen Obstsorte oder einer hübschen Form eines Zierstrauches, übertragen und dort zum Anwachsen gebracht wird. Den Zweig, dem man die Knospen entnimmt, oder der ganz auf den Wildling übertragen werden soll, nennt man in der gärtnerischen Kunstsprache „Edelreis“.

Entweder geschieht das Veredeln durch Pfropfen oder aber durch Impfen, Okulieren oder Äugeln. Beim Pfropfen wird der Stamm des Wildlinges quer abgeschnitten, an der Peripherie der Schnittfläche ein Spalt angebracht und in diesen Spalt das Edelreis eingefügt. Das Edelreis muß früher entsprechend zugerichtet werden; es ist darauf zu achten, daß dasselbe ein paar gesunde Knospen trägt, und daß das einzufügende

Ende entsprechend der Form des am Wildlinge angebrachten Spaltes zugeschnitten wird. Beim Einfügen hat man auch darauf zu sehen, daß so gut wie möglich Rinde auf Rinde, Bast auf Bast und Holz auf Holz zu liegen kommen. Dann werden noch alle durch die Operation gebildeten Wundstellen des Wildlinges mit einer Kittmasse, Wachs oder irgend einem andern Schutzmittel, überdeckt, und nun kann man mit großer Wahrscheinlichkeit darauf rechnen, daß der so eingefügte Zweig mit der Unterlage verwächst, daß demselben aus der Unterlage Nahrung zugeführt wird, und daß aus seinen Knospen weitere Zweige hervorsprießen. Die von dem Wildlinge aus dem Boden aufgenommene Nahrung geht demnach hier in das aufgepfropfte Edelreis über, und das Edelreis, dessen Knospen sich zu Zweigen entwickeln, und das schließlich zu einer vielverzweigten Krone werden kann, verhält sich ähnlich wie ein Schmarotzer, während der Wildling die Rolle des Wirtes spielt.

Es kommt nicht selten vor, daß die Unterlage, welche auf ihrem Scheitel das Gezweige des aufgepfropften Edelreises trägt, nachträglich tiefer unten auch noch eigne Zweige entwickelt, und man hat dann das seltsame Bild eines Baumes oder Strauches, welcher in seinem untern Teile andres Laub, andre Blüten und andre Früchte trägt als im obern Stockwerke. Wenn man z. B. den Stamm einer Quitte als Unterlage benutzt und auf denselben Mispelzweige pfropft, so kann dadurch ein Busch oder Baum entstehen, der unten Zweige mit dem runden Laube, den rosenroten Blüten und den goldenen Äpfeln der Quitte, oben Zweige mit dem länglichen Laube, den weißen Blüten und den braunen Mispelfrüchten zeigt. Die Gärtner lassen es natürlich nicht gern hierzu kommen, sondern entfernen sorgfältig die Zweige der Unterlage, damit alle Nahrung dem aufgepfropften Gewächse zukommt und dieses möglichst kräftig und üppig gedeiht.

Das Okulieren, Äugeln oder Impfen läuft auf den gleichen Erfolg hinaus wie das Pfropfen; nur wird hier nicht ein ganzer Zweig, sondern bloß eine einzelne Knospe des Edelreises auf die Unterlage übertragen. Es wird das in folgender Weise ausgeführt: Man bringt an einem nicht zu alten Zweige des als Unterlage benutzten Gewächses zwei Schnitte an, die zusammen die Form eines griechischen Tau erhalten. Diese Schnitte werden durch die Rinde hindurch bis auf das Holz geführt. Dann hebt man die durch den tauförmigen Schnitt entstehenden zwei Lappen sorgfältig vom Holze ab und schiebt unter dieselben die zu übertragende Knospe ein. Die Knospe muß vorher mitsamt einem kleinen Stücke der Rinde und allen Zellschichten bis zum Holze von dem Edelreise abgehoben werden, und gewöhnlich gibt man dem kleinen abgeschälten Rindenstücke die Form eines Schildchens. Dieses Schildchen, welches auf seinem Rücken die zu übertragende Knospe trägt, wird nun zwischen die beiden oben erwähnten Lappen eingeführt und die Lappen so darüber gelegt, daß die Knospe aus dem Schnitte zwischen den Lappen frei herausragt. Überdies wird das Ganze durch einen Verband zusammengehalten und insbesondere das Schildchen mitsamt der Knospe an die neue Unterlage fest angedrückt, worauf in der Regel alsbald eine Verwachsung stattfindet und die eingeimpfte Knospe zu einem Zweige auswächst, der sich zu dem Wildlinge ganz ähnlich verhält wie ein schmarotzender Loranthus zu dem Eichenbaume. Man kann dann alle jene Zweige, welche der Unterlage, beziehentlich dem Wildlinge angehören, entfernen und nur den einen Zweig, welcher aus der eingeimpften Knospe hervorgegangen ist, belassen, was zur Folge hat, daß sich auf diesen Zweig alle durch die Unterlage aus dem Boden aufgenommenen Säfte vereinigen und ihn zum üppigsten Wachstume bringen.

Zwischen dieser Einimpfung und der Ansiedelung eines Schmarotzers besteht auch insofern eine Ähnlichkeit, als nicht alle beliebigen Sträucher und Bäume miteinander verbunden werden können. Nur wenn Arten verwendet werden, welche miteinander blutsverwandt sind, welche zu derselben Gattung oder Familie gehören, kann auf einen Erfolg des Pfropfens oder Okulierens gerechnet werden. Mandeln, Pfirsiche, Aprikosen, Pflaumen

können wechselseitig aufeinander übertragen werden, ebenso Quitten, Äpfel, Birnen, Mispeln, Weißdorn; es ist aber in das Reich der Fabel zu verweisen, wenn behauptet wird, daß Pfirsiche auch auf Weidenstämme mit Erfolg gepfropft werden konnten, oder daß durch Übertragen von Birnenzweigen auf Weiden die sibirische Pirus salicifolia hervorgegangen sei und dergleichen mehr. Ob es möglich ist, durch Pfropfen und Okulieren neue Formen oder doch Mischlinge hervorzubringen, ist eine Frage, welche unter einem mit der Frage nach der Entstehung neuer Arten zu beantworten sein wird. Hier ist nur noch darauf hinzuweisen, daß trotz der unleugbaren Ähnlichkeit, welche zwischen den aufgepfropften und eingeimpften Gewächsen mit den schmarotzenden Loranthaceen besteht, doch auch wieder ein sehr wesentlicher Unterschied darin liegt, daß die schmarotzenden Loranthaceen Wurzeln entwickeln, die alljährlich weiterwachsen und immer in neue Gewebeschichten des Wirtes eindringen, was bei den gepfropften und okulierten Gewächsen nie beobachtet wird. Wenn auf einen Mandelbaum ein Pfirsichzweig gepfropft wurde, so findet zwar eine Verwachsung beider an der Berührungsstelle statt, und es werden die Säfte aus dem Holze des Mandelstammes direkt in den aufgepfropften Pfirsichzweig geleitet; aber niemals gehen von der Basis des angewachsenen Pfirsichzweiges Wurzeln oder Senker aus, welche in den Stamm des Mandelbaumes eindringen.

---

5. Aufnahme von Wasser.

Inhalt: Bedeutung des Wassers für das Leben der Pflanze. — Wasseraufnahme der Flechten und Moose und der mit Luftwurzeln versehenen Überpflanzen. — Aufnahme von Regen und Tau durch die Laubblätter. — Ausbildung von Saugzellen in besondern Gruben und Rinnen der Blätter.

Bedeutung des Wassers für das Leben der Pflanze.

Bei dem Aufbaue der Moleküle des Zuckers, der Stärke, des Zellstoffes, der Fette und Säuren, der eiweißartigen Verbindungen, also aller wichtigen Substanzen, aus welchen die Pflanze besteht, haben sich die Atome des Wassers als Bausteine einzufügen, und es könnte ein Wachstum der Pflanze, eine Zunahme ihrer Masse, ohne Wasser gar nicht stattfinden. Von diesem Gesichtspunkte aus ist das Wasser so gut wie das Kohlendioxyd der Luft als ein unumgänglich notwendiger Nährstoff der Pflanze aufzufassen. Das Wasser spielt aber im Pflanzenleben auch noch eine andre wichtige Rolle. Die mineralischen Nährsalze, welche den Wasserpflanzen, Erdpflanzen und Steinpflanzen, sowie die organischen Verbindungen, welche den Verwesungspflanzen und den Schmarotzern als Nahrung dienen, können nur als wässerige Lösungen in die Pflanze gelangen. Dieselben können auch die Zellwand nur passieren, wenn diese mit Wasser getränkt ist, und sie können endlich im Innern der Pflanze zu den Stellen des Verbrauches wieder nur durch Vermittelung des Wassers hingeführt werden. Bei diesen Arbeitsleistungen in der lebendigen Pflanze ist das Wasser als Betriebsmaterial aufzufassen. So wie die Mühle am Bache nur so lange arbeitet, als ihre Räder durch das Wasser in Bewegung gesetzt werden, und sofort stillsteht, wenn das Wasser fehlt oder nicht mehr in genügender Menge zuströmt, ebenso bedarf die lebende, sich ernährende, wachsende und sich vermehrende Pflanze fortwährend eine große Menge von Nutzwasser, damit sich die verwickelten Lebensprozesse in ihr abspielen können. Dieses Nutzwasser oder Betriebswasser wird nicht chemisch gebunden gleich jenem, das als Nährstoff eintritt, und

wird überhaupt nicht dauernd zurückbehalten. Man muß sich vielmehr vorstellen, daß die lebende Pflanze von demselben fortwährend durchströmt wird. Im Laufe eines Sommers passieren Wassermengen durch jede Pflanze, welche das Gewicht derselben um das Vielfache übertreffen. Im Vergleiche zu dem Betriebswasser ist der Betrag desjenigen Wassers, welches in den organischen Verbindungen eines Pflanzenstockes chemisch gebunden wird, sehr gering, und häufig ist in einem Pflanzenstocke das Gewicht des Betriebswassers größer als sämtliche andre Stoffe zusammengenommen.

Da in trockner Luft das Betriebswasser aus den Pflanzen verdampft, und da man dasselbe auch durch Alkohol und verschiedene andre Mittel leicht entziehen kann, so genügen sehr einfache Versuche, um sich von der großen Masse des Nutzwassers in jeder Pflanze eine Vorstellung zu machen. Wenn man Beeren, fleischige Pilze, saftreiche Blätter und dergleichen in Alkohol gibt, so zeigen sie nach kurzer Zeit kaum noch die Hälfte jenes Umfanges, den sie frisch besessen hatten. Die im lebenden Zustande gallertartigen Nostochineen und viele Schwämme (wie z. B. Guepinia, Phallus, Spathularia, Dacryomyces) schrumpfen beim Trocknen so stark zusammen, daß von einem Stücke, welches frisch den Umfang eines Quadratzentimeters zeigt, eine trockne, krümelige Masse von kaum 3 qmm zurückbleibt. Ein Nostoc, welcher frisch 2,224 g wog, zeigte nach dem Austrocknen nur noch 0,126 g, enthielt daher lebend über 94 Proz. Wasser. Torfmoos, welches frisch ein Gewicht von 25,067 g zeigte, besaß ausgetrocknet nur noch 2,535 g, enthielt daher 90 Prozent Wasser, und ähnlich verhält es sich auch mit saftreichen Blättern und Stengeln von Blütenpflanzen sowie mit den Früchten der Kürbisse und unzähliger andrer Gewächse. Verhältnismäßig am wenigsten Wasser enthalten ausgereifte Samen, feste, steinharte Samenschalen, Holz und Borke; aber auch für diese wurde immer noch ein mittlerer Gehalt von 10 Prozent an Wasser nachgewiesen. Man wird nicht fehlgreifen, wenn man mit Rücksicht auf die ausgeführten Wägungen annimmt, daß die meisten frischen Pflanzenteile nur zu einem Drittel aus Trockensubstanz, zu zwei Dritteln aus Betriebswasser, welches beim Austrocknen in Dampfform in die umgebende Luft übergeht, bestehen.

Aus alledem geht aber hervor, daß den Pflanzen das Wasser als Nahrung unbedingt notwendig, daß es als Transportmittel der andern Stoffe unentbehrlich, und daß das Bedürfnis aller Pflanzen nach Wasser ein sehr großes ist. Weiter aber läßt sich auch noch folgern, daß die Zufuhr und Abfuhr desselben pünktlich geregelt sein muß, wenn nicht die Ernährung gestört und die Entwickelung gehindert sein soll.

Am einfachsten ist die Wasseraufnahme jedenfalls bei den Wasserpflanzen. Sie fällt hier mit der Aufnahme der andern Nährstoffe zusammen, und es ist daher den diesbezüglichen schon früher gemachten Mitteilungen auch nichts Wesentliches beizufügen.

In betreff der Erdpflanzen, Steinpflanzen und Überpflanzen kann insofern, als diese das Wasser zugleich mit den Nährsalzen durch Saugzellen aus der Unterlage, der sie anhaften, und der Erde, in welcher sie wurzeln, auffaugen, gleichfalls auf schon Gesagtes (s. S. 73 u. f.) verwiesen werden; insofern aber, als diese Gewächse Wasser auch direkt aus der Atmosphäre erhalten und befähigt sind, dieses Wasser unmittelbar aufzunehmen, sollen sie im nachfolgenden eine Besprechung finden.

Wasseraufnahme der Flechten und Moose und der mit Luftwurzeln versehenen Überpflanzen.

Man kann die Gewächse, welche das Wasser unvermittelt aus der Atmosphäre aufnehmen, mit Rücksicht auf die Einrichtungen, durch welche sie hierzu befähigt werden, in mehrere Gruppen zusammenstellen. Unter allen Pflanzen sind die Flechten am meisten auf das atmosphärische Wasser angewiesen. Viele derselben, zumal die Bartflechten, welche von abgedorrten Baumzweigen herabhängen, ebenso die Gallert-, Krusten- und Strauchflechten, welche auf dürrem, totem Holzwerke oder an den Flächen der Felsklippen und Steinblöcke haften, decken in der That ihren ganzen Wasserbedarf aus der Atmosphäre und zwar nicht nur durch Aufnahme von flüssigem, sondern auch von dunstförmigem Wasser, welch letzterer Umstand insbesondere für jene Arten, die an einschüssigen Felsen und an der untern Seite überhängender Steinplatten vorkommen, von größter Wichtigkeit ist. Zu solchen Stellen können Regen und Tau nicht direkt, sondern nur dadurch hingelangen, daß sich etwas Wasser von den obern und seitlichen benetzten Flächen der Felsen an die einschüssige Wand hinabzieht, was nur selten der Fall ist. Es sind daher die an solchen Stellen vorkommenden Flechten nur auf das Wasser angewiesen, welches dunstförmig in der Luft enthalten ist. Unter allen Gewächsen sind aber auch die Flechten am meisten geeignet, dunstförmiges Wasser aus der Luft zu absorbieren. An der Luft trocken gewordene lebende Flechten, in dunstgesättigten Raum gegeben, nehmen innerhalb zweier Tage 35 und nach sechs Tagen bis zu 56 Prozent Wasser auf. Tropfbarflüssiges Wasser wird natürlich noch viel rascher aufgenommen. Die nach lang anhaltendem trocknen Wetter becherförmig aufgestülpten Gyrophoren, von einfallendem Regen genetzt, schwellen binnen zehn Minuten ganz an, breiten sich flächenförmig über die Felsblöcke aus und haben in diesem kurzen Zeitraume 50 Prozent Wasser aufgesaugt. Freilich gilt dann auch „Wie gewonnen, so zerronnen". Wenn trockne Witterung eintritt, geht das Verdampfen des Wassers aus dem Flechtenkörper ebenso rasch von statten wie früher das Aufsaugen, und die Flechten der Tundra, welche, vom Regen genetzt, einen weichen, schwellenden Teppich bilden, können im Sonnenscheine binnen wenigen Stunden so stark austrocknen, daß sie unter dem Fußtritte wie dürres Gestrüppe splittern und krachen und bei jedem Schritte, den man über die Tundra macht, ein knirschendes Geräusch hörbar wird.

Durch die Fähigkeit, das dunstförmige Wasser der Atmosphäre zu kondensieren und aufzunehmen, stimmen mit den Flechten die Laub- und Lebermoose am meisten überein und zwar vorzüglich diejenigen, welche an der Borke dürrer Baumäste und an den Flächen der Felsen sich angesiedelt haben und die, an derlei Standorten häufig genug mit Flechten durchspickt und verwoben, teppichartige Überzüge bilden. Gleich den Flechten, können diese Laub- und Lebermoose wochenlang ausgetrocknet, wie tot verharren, sogleich aber ihre Lebensthätigkeit fortsetzen, nachdem ihnen Regen und Tau zugeführt wurden, oder wenn die Luft so feucht ist, daß aus dieser der Bedarf an dem nötigen Betriebswasser gedeckt werden kann. Das in weichen Rasen die Kalkblöcke überziehende Moos Hypnum molluscum, nach einigen regenlosen Tagen vom trocknen Felsen abgelöst und in dunstgesättigten Raum gegeben, hatte dort nach zwei Tagen 20, nach sechs Tagen 38 und nach zehn Tagen 44 Prozent Wasser aus der Luft aufgenommen. Viele Moose kondensieren und absorbieren das Wasser mit der ganzen Oberfläche ihrer Blättchen, andre, wie z. B. die an den Schieferfelsen haftenden grauen Steinmoose (Rhakomitrien und Grimmien), vorzüglich mit den lang ausgezogenen haarförmigen Zellen an der Spitze der Blättchen, wieder andre nur mit den Zellen an der obern schalen- oder rinnenförmigen Blattseite.

mit der Unterlage ist eine so innige, daß sich bei dem Versuche der Trennung gewöhnlich die oberflächlichsten Teile der Borke, nicht aber die schlauchförmigen Zellen ablösen. Gelangt nun eine Wurzel, welche derartige mit der Unterlage verwachsende Zellen ausgesandt hatte, über den Rand der Unterlage hinaus in die freie Luft, so hört die Entwickelung von Klammerzellen sofort auf; die Wurzel verliert ihr bandartiges Ansehen und senkt sich in Gestalt eines wellig gebogenen, weißen Fadens von dem Baumstamme herab. In der Regel genügen einige wenige Wurzelfasern, um den Orchideenstock an seiner Unterlage, der Borke des Baumes, zu befestigen, und die andern Wurzeln, welche noch von dem Orchideenstocke ausgehen, wachsen gleich vom Anfange an in die freie Luft hinein. Nicht selten sind sie in großer Zahl zusammengedrängt an der Basis des Stockes zu sehen und bilden dann förmliche Mähnen, welche von der dunkeln Borke der Äste herabhängen, wie das an der auf S. 205 eingeschalteten Abbildung eines Oncidium zu sehen ist.

Jede dieser Luftwurzeln ist nach außen zu mit einer weißen, pergament- oder papierartigen Hülle umgeben, und die Zellen dieser Hülle sind es, welche die oben erwähnte Ähnlichkeit mit den Zellen der Weißmoose und Torfmoose besitzen. Ihre Wandungen sind durch schmale, leistenförmige, schraubig verlaufende Verdickungen ausgespannt und fallen daher trotz ihrer Zartheit und trotz des Umstandes, daß sie zeitweilig einen mit Luft erfüllten Raum umschließen, nicht zusammen; sie sind aber auch vielfach durchlöchert, und zwar findet man Löcher von zweierlei Art. Die einen entstehen dadurch, daß jene Teile der Zellwand, welche zwischen den rippenartigen Leisten als äußerst dünne und zarte Membranen ausgespannt sind, zerreißen (s. Abbildung, S. 203, Fig. 3), die andern dagegen dadurch, daß sich papillenartig vorgewölbte Zellen ablösen, in welch letzterm Falle kreisrunde Löcher entstehen, welche den früher besprochenen der Weißmoose sehr ähnlich sehen. Die papillenartigen Zellen haben die Eigentümlichkeit, daß sie sich im Alter in Gestalt schraubenförmiger Bänder abrollen. Begreiflicherweise können diese Löcher nur an den Außenwänden der äußersten, an die freie Luft angrenzenden Zellen entstehen, während tiefer einwärts die Kommunikation der Zellen untereinander durch die früher erwähnten Risse in den zarten Membranen hergestellt wird. Diese ganze aus durchlöcherten Zellen gebildete Hülle der Luftwurzeln aber hat das Ansehen eines Badeschwammes, ja sie hat nicht nur das Ansehen, sondern sie wirkt auch wie ein Badeschwamm. Kommt sie mit tropfbarflüssigem Wasser in Berührung, wird sie insbesondere von atmosphärischen Niederschlägen genetzt, so saugt sie sich augenblicklich mit Wasser voll. Die tiefer liegenden lebendigen, grünen Zellen der Wurzel sind dann von einer wasserstrotzenden Hülle umgeben und können aus dieser auch die benötigte Menge von Wasser leicht gewinnen.

Aber auch die Fähigkeit, den Wasserdampf, welchen die Luft enthält, zu kondensieren, kommt diesen Wurzeln zu. Sie wirken auf die feuchte Luft, welche sie umspült, ganz ähnlich wie ein Platinschwamm oder irgend ein andrer poröser Körper. Die Luftwurzeln von Oncidium sphacelatum, aus einem mit trockner Luft erfüllten Raume in einen Raum mit feuchter Luft gebracht, nehmen innerhalb 24 Stunden etwas über 8 Prozent ihres Gewichtes an Wasser auf, jene des Epidendron elongatum 11 Prozent, und bei manchen andern tropischen Orchideen ist diese Aufnahme gewiß noch viel bedeutender.

Die Fähigkeit, den Wasserdampf und auch andre Gase zu kondensieren, ist nun für diese Pflanzen von größter Wichtigkeit. Die Baumborke, welche ihnen zur Unterlage dient, und an welche sie nur mit einigen Fasern festgeklammert sind, ist nichts weniger als eine nachhaltige Wasserquelle. Was die Borke an Wasser enthält, gelangt nicht aus dem Innern des Baumstammes, beziehentlich aus dem Erdreiche, in welchem der Baumstamm wurzelt, in dieselbe, sondern aus der Atmosphäre, also von ebendaher, von wo es auch die Überpflanzen der Borke beziehen müssen. Wenn nun bei sehr gleichmäßiger Lufttemperatur längere Zeit hindurch wässerige atmosphärische Niederschläge ausbleiben, was in der Heimat

der hier in Rede stehenden Orchideen regelmäßig der Fall ist, so bleibt als einzige Wasserquelle der Wasserdampf der Luft und als einzige Möglichkeit, diesen Wasserdampf zu gewinnen, die Kondensation desselben durch das die Wurzeln umhüllende poröse Gewebe übrig.



Luftwurzeln einer auf der Borke eines Baumastes angesiedelten Orchidee. Vgl. Text, S. 204.

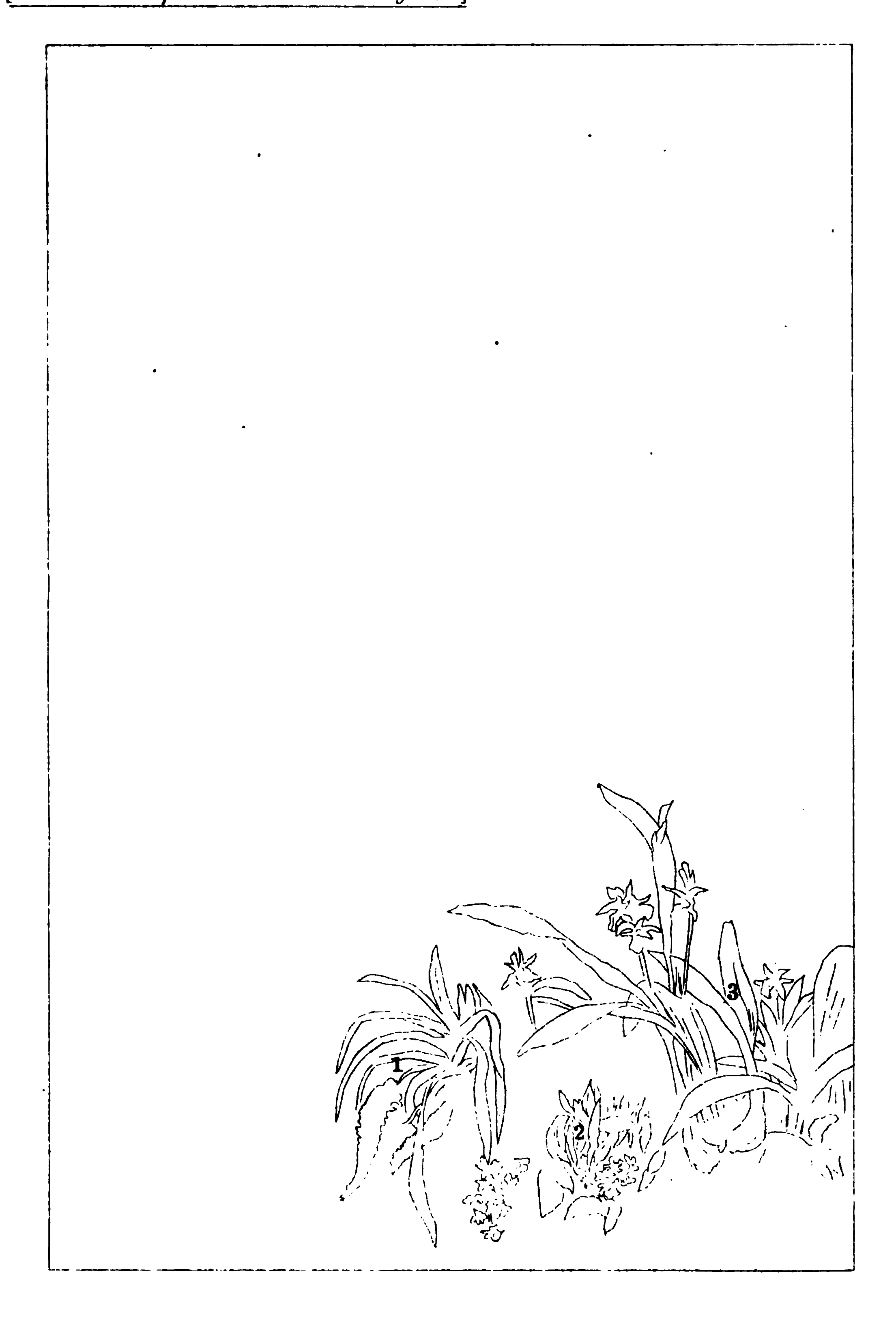
Für den Fall, daß auch die Luft, welche die Orchideenstöcke umgibt, zeitweilig nur sehr wenig Feuchtigkeit enthält, trocknet allerdings das poröse Gewebe rasch wieder aus; die Zellen desselben füllen sich mit Luft, ihre Funktion als Kondensatoren ist unterbrochen; dann aber bilden diese luftgefüllten Zellschichten wieder ein Schutzmittel gegen zu weit

gehende Verdunstung der tiefern Gewebeschichten der Wurzel, welche bei solchen Überpflanzen sehr gefährlich werden könnte. Es ist ein weitverbreitetes Vorurteil, daß die tropischen Orchideen in einer stetig feuchten Atmosphäre im schattigen Dunkel des Urwaldes wachsen, und es wird dieses Vorurteil insbesondere genährt durch Abbildungen tropischer Orchideen, welche diese Gewächse als Bewohner der dunkelsten Waldesstellen erscheinen lassen. In Wirklichkeit sind aber die Orchideen der Tropen Kinder des Lichtes. Sie gedeihen am besten an sonnigen Plätzen in offener Landschaft, wie sie die beigeheftete Tafel „Tropische Scheinschmarotzer" aus der Nähe des Adamspiks auf Ceylon zeigt. Insbesondere jene Arten, deren Luftwurzeln mit einer porösen, dicken, weißen, papierartigen Hülle umgeben sind, gehören jenen Gegenden an, wo sich alljährlich regelmäßig eine längere Trockenperiode einstellt, und wo infolgedessen, gerade so wie in den rauhern Zonen durch die Kälteperiode des Winters, die Thätigkeit der Vegetation eine zeitweilige Unterbrechung erfährt.

Für Überpflanzen, welche in solchen Gegenden der Tropen ihre Heimat haben, kann man sich nicht leicht einen zweckmäßigern Bau der Wurzeln denken. In der Trockenperiode verstärkt die papierartige Hülle den Schutz gegen zu weit gehende Verdunstung der lebendigen Zellen im Innern der Wurzel, und in der feuchten Periode wird durch diese Hülle dafür gesorgt, daß den innern Zellen ununterbrochen die nötige Wassermenge zugeführt wird. In diesem Sinne ersetzt die poröse Schicht gewissermaßen das feuchte Erdreich, oder mit andern Worten, der lebendige Teil der Luftwurzel steckt in dieser wassergetränkten Hülle wie die Wurzelfaser der Erdpflanzen in der feuchten Erde. Ganz eigentümlich ist auch die Art und Weise, wie aus der wassergetränkten Hülle das Wasser in die innern Zellen der Luftwurzel gelangt. Unter dem porösen Gewebe liegt nämlich eine Schicht aus zweierlei Zellen, größern, in die Länge gestreckten, deren äußere, an das poröse Gewebe angrenzende Wandungen verdickt und für Wasser schwer durchgängig sind, und dazwischen eingeschaltet kleinere, dünnwandige, saftreiche, durch welche das Wasser aus der porösen Hülle eingelassen wird, und welche daher eigentlich als Saugzellen zu bezeichnen sind. Bemerkenswert ist auch noch der Umstand, daß die poröse, papierartige Hülle sofort abgestoßen wird, wenn die Luftwurzel in die Erde kommt. Die Mehrzahl der Orchideen mit Luftwurzeln geht allerdings zu Grunde, wenn man sie wie Erdpflanzen behandelt und in Erdreich pflanzt; einige Arten aber senken unter Umständen ihre Luftwurzeln von selbst in die Erde, stoßen die Hülle ab und verhalten sich dann mit den eingesenkten Teilen ganz wie Erdpflanzen.

Es wurde schon früher erwähnt, daß neben Tausenden von Orchideen auch mehrere Aroideen die poröse, papierartige Hülle an den Luftwurzeln zeigen. Noch häufiger aber findet man an jenen Aroideen, welche als Überpflanzen auf Bäumen leben, Luftwurzeln, welche in einer breiten Zone hinter der fortwachsenden Spitze einen dichten Besatz von sogenannten Wurzelhaaren zeigen. Die Haare stehen nach allen Seiten von den ringsum von Luft umfluteten Wurzeln ab, sind sehr dicht zusammengedrängt und geben dem betreffenden Teile ein samtartiges Ansehen. Außer mehreren Aroideen, von welchen eine (Philodendron Lindeni) auf S. 207 links abgebildet ist, zeigen noch manche andre Überpflanzen, wie z. B. die neben Philodendron Lindeni rechts dargestellte südamerikanische Kommelinacee Campelia Zanonia, dann auch mehrere Baumfarne diesen samtartigen Überzug an ihren Luftwurzeln. An den Baumfarnen sind die Luftwurzeln kurz, entspringen aber zu Tausenden aus dem dicken Strunke und sind so dicht gestellt, daß die ganze Oberfläche des Strunkes wie von einem aus Würzelchen gewebten Mantel bekleidet ist. Nach einiger Zeit werden diese Luftwurzeln schwarzbraun, die Haare fallen zusammen, sterben ab und gehen so wie die ganze Luftwurzel in eine moderige Masse über. Wie aber die einen zu Grunde gehen, kommen aus dem Strunke sofort wieder neue, mit goldbraunem Samte überzogene Luftwurzeln als Ersatz zum Vorscheine. Diese Luftwurzeln erreichen nie den Boden, legen sich auch an

[**Zur Tafel:** »*Tropische Scheinschmarotzer (Ceylon)*«.]



1. *Saccolobium guttatum* 2. *Dendrobium nobile*. 3. *Phajus Wallichii*



TROPISCHE SCHEINSCHMAROTZER (CEYLON).

keine Unterlage an, und ihre Haare können daher auch nicht mit einem festen Körper verwachsen. Es ist darum auch ausgeschlossen, daß hier die Wurzelhaare als Saugzellen aus der Dammerde Feuchtigkeit ziehen.



Luftwurzeln mit Wurzelhaaren: Links Philodendron Lindeni; rechts Campelia Zanonia. Vgl. Text, S. 206.

Aber auch die atmosphärischen Niederschläge aufzunehmen, sind diese Wurzelhaare wohl kaum jemals in der Lage. Die Philodendron-Arten und die andern erwähnten Überpflanzen besitzen große Blätter, durch welche die vom Stamme herabhängenden Luftwurzeln wie von Regenschirmen überdacht werden, und auch jeder Baumfarn trägt am Scheitel seines

Strunkes einen Schopf großer Wedel, der es verhindert, daß herabfallender Regen die Luftwurzeln netzt. Überdies kommen gerade diese Gewächse, deren Luftwurzeln einen samtigen Überzug aus Wurzelhaaren zeigen, in Wäldern vor, deren Baumkronen sich zu mächtigen Kuppeln wölben und ein schützendes Dach gegen die atmosphärischen Niederschläge bilden. Dagegen ist im Grunde dieser Wälder die Luft mit Wasserdampf gesättigt, und es ist gewiß, daß diese samtigen Luftwurzeln die Fähigkeit haben, den Wasserdampf zu kondensieren, und daß die Wurzelhaare das kondensierte Wasser sofort aufsaugen und den tiefern Zellschichten zuführen. Daß dem so sei, bestätigten die Ergebnisse wiederholter Versuche. So wurden von Luftwurzeln des Baumfarnes **Todea barbata**, welche aus mäßig feuchter Luft in einen dunsterfüllten Raum übertragen worden waren, binnen 24 Stunden 6,4 Prozent ihres Gewichtes Wasser kondensiert und aufgenommen. Es unterliegt demnach keinem Zweifel, daß auch auf diesem Wege von den Pflanzen Wasser gewonnen werden kann, wenn auch die Fälle nicht sehr häufig sein dürften. Alle Gewächse, an welchen diese Art der Wasseraufnahme bisher beobachtet wurde, wachsen an Orten, wo jahraus jahrein die Luft sehr feucht ist, und wo auch niemals ein Herabsinken der Temperatur unter den Nullpunkt zu befürchten steht. Unter andern Verhältnissen, zumal dort, wo zeitweilig große Trockenheit der Luft eintritt, würden diese Pflanzen, welche zwar Organe zur Kondensation und Aufnahme von Wasser, aber kein Schutzmittel gegen das Vertrocknen dieser Organe besitzen, sich auch nicht erhalten können.

Aufnahme von Regen und Tau durch die Laubblätter.

Die Vorstellung, daß die Pflanzen das von ihnen benötigte Wasser mit den Wurzeln ansaugen, hat sich so innig mit unsrer ganzen Auffassung des Pflanzenlebens verbunden, daß häufig genug dieser Vorgang zu den verschiedensten Vergleichen herbeigezogen wird, und daß man die zuletzt besprochene Wasseraufnahme durch die Luftwurzeln eigentlich als etwas ganz Selbstverständliches ansieht, obschon in diesem Falle, wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, die Sache nicht so einfach ist, wie man sich gewöhnlich denkt. Nun gar die Erdpflanzen. Wenn wir sie im Topfe kultivieren und sehen, daß ihre Blätter schlaff werden, so begießen wir möglichst rasch das ausgetrocknete Erdreich, um so den dort verzweigten Wurzeln Wasser zuzuführen. Der Erfolg bleibt auch nicht aus. In kurzer Zeit wird das Laub wieder frisch und prall, und die Wurzeln haben ihre Schuldigkeit gethan. Auch im freien Lande begießt der Gärtner an trocknen Tagen vorzüglich das Erdreich, welches die Wurzeln eingebettet enthält, wenn auch, weil es gewöhnlich unvermeidlich ist, auf dem Umwege über die oberirdischen Teile der Pflanzenstöcke. Sieht er doch, daß das Wasser, welches als Regen und Tau auf Laub und Stengel fällt, von dort sogleich regelmäßig abläuft oder sich in Tropfen formt, welche nachträglich, wenn der Wind die Stöcke schüttelt, herabkollern und von der dürstenden Erde eingesaugt werden. Diese Erscheinung muß wohl ihren Grund in besondern Schutzvorrichtungen der Laubblätter gegen Benetzung haben. Auf keinen Fall spricht sie dafür, daß das Laub zur Aufnahme des Wassers ebensogut geeignet ist, wie es erfahrungsgemäß die unterirdischen Wurzeln sind. Dieser Gedankengang, der sich jedem unbefangenen Beobachter der Vorgänge in der freien Natur aufdrängt, hat auch gewiß für die Mehrzahl der Fälle seine Berechtigung. Jede Saugzelle an den in der Erde eingebetteten Wurzeln besitzt eine Haut, welche das Wasser leicht hindurchläßt, und das Wasser gelangt auch bekanntlich aus der feuchten Erde durch diese Zellhäute rasch in das Innere der Pflanze. Eine trockne Umgebung würde das Wasser aus dem Innern der Pflanze durch diese Zellhäute hindurch ebenso leicht wieder

entziehen, wozu es nun freilich infolge der Lage der Wurzeln unter der Erde kaum jemals kommt. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse an den oberirdischen Teilen, zumal an den Laubblättern. Diese sollen das von den Wurzeln heraufgeleitete Wasser wenigstens teilweise nach außen an die Luft abgeben, weil, wie später ausführlicher begründet werden wird, nur durch diese Verdunstung das ganze Getriebe im Innern der Pflanze im Gange erhalten werden kann. Diese Verdunstung soll aber auch wieder nicht zu weit gehen, sie muß mit der Aufnahme des Wassers durch die unterirdischen Wurzeln im richtigen Verhältnisse stehen und reguliert sein, wenn die Pflanze nicht Gefahr laufen soll, zeitweilig ganz auszutrocknen, was wohl die früher besprochenen Moose, nicht aber die Blütenpflanzen vertragen. Dem entsprechend ist die Verdunstung an den Laubblättern der Blütenpflanzen nur auf gewisse Zellen und Zellengruppen eingeschränkt, und für diese bestehen noch überdies Einrichtungen, durch welche bei eintretender großer Trockenheit die Verdunstung ganz unterbrochen werden kann. Es ist wohl selbstverständlich, daß alle Einrichtungen, welche es unmöglich machen, daß Wasser aus dem Innern der Laubblätter durch die Wandungen der oberflächlichen Zellen in die umgebende Luft übergehe, auch den Eintritt des Wassers aus der Atmosphäre in das Innere des Laubblattes verhindern.

Die planmäßige Anordnung des Stoffes in diesem Buche würde wesentlich beeinträchtigt werden, wollten wir schon hier alle Einrichtungen erörtern, welche dazu dienen, die Verdunstung des Wassers aus den Blättern zu regeln, und wir müssen uns daher darauf beschränken, vorläufig nur ganz kurz zu erwähnen, daß jene Poren an der Blattoberfläche, welche unter dem Namen Spaltöffnungen bekannt sind und welche von dem verdampfenden Wasser als Ausgangsthüren benutzt werden, Regen und Tau wie überhaupt flüssiges Wasser nicht einlassen, daß weiterhin die sogenannte Kutikula, welche die Außenwände der Oberhautzellen an den Blättern überzieht, dem Wasser sowohl den Austritt als den Eintritt erschwert, daß namentlich dann, wenn diese Kutikula mit wachsartigem Überzuge versehen ist, das Wasser nicht einmal an der Oberfläche der so geschützten Zellen anhaftet, und daß das atmosphärische Wasser nur an solchen Stellen der Laubblätter in das Innere der Pflanze gelangen kann, wo die wachsartigen Überzüge fehlen, wo das Wasser an der Oberfläche der Zellen hängen bleibt, auf derselben zerfließt und sie deutlich benetzt. Aber selbst solche Zellen und Zellgruppen fungieren gewöhnlich nur für kurze Zeit, nur dann, wenn große Not und großer Bedarf an Wasser ist, oder wenn sich die Gelegenheit ergibt, mit dem Wasser gleichzeitig auch stickstoffhaltige Verbindungen zu gewinnen, als Saugzellen, und es finden sich immer wieder besondere Einrichtungen, welche diese Art der Wasseraufnahme regulieren und dann, wenn sie nicht gerade vorteilhaft wäre, unmöglich machen.

Unter den Zellen, welche die Oberhaut der Laubblätter zusammensetzen, möchte man zunächst diejenigen, welche als haarförmige Bildungen erscheinen, für am meisten zur Aufnahme von Wasser aus der Atmosphäre geeignet halten. Möglichst große Oberfläche und verhältnismäßig wenig Körperinhalt: man kann sich in der That nicht leicht eine zweckmäßigere Gestalt zur Wasseraufnahme denken. Da zudem die Verbindung mit den Zellen der Blattmasse durch eine kleine Fläche hergestellt ist, so würde auch nachträglich die Verdunstung des einmal von der haarförmigen Zelle aufgesaugten und in das Innere des Blattes geleiteten Wassers durch die Oberfläche des Haares eine sehr beschränkte sein. Mit einem Worte, solche Haare an der Blattfläche scheinen in ausgezeichneter Weise zur Aufnahme, dagegen sehr schlecht zur Abgabe von Wasser geeignet zu sein. Für die Haare, welche an den Moosblättchen vorkommen, trifft auch, wie schon früher erwähnt wurde, die hier begründete Voraussetzung vollkommen zu. Nicht so für die haarähnlichen Gebilde, welche von der Oberfläche der Laubblätter der Blütenpflanzen ausgehen. Diese werden häufig von Wasser gar nicht genetzt; Regen und Tau rollen in Tropfenform von ihnen ab und

können daher auch nicht aufgenommen werden. Das gilt selbst von vielen weichen Haargebilden, welche wollige Überzüge über die Blätter bilden, und von welchen man doch am ehesten glauben möchte, daß sie zur Wasseraufnahme passend wären. So haben z. B. Versuche, die mit den wollhaarigen Blättern der Königskerze (Verbascum Thapsus) angestellt wurden, gezeigt, daß diese weder Wasserdampf kondensieren, noch auch tropfbarflüssiges Wasser aufnehmen. Auf die Dicke der Kutikula ist ein geringeres Gewicht zu legen, denn mitunter sind es gerade jene Zellen, die mit einer ziemlich starken Kutikula versehen sind, welche das Wasser unter gewissen Umständen durch ihre Wand durchzulassen geeignet sind. Dagegen kommt sehr viel auf den Gehalt der Kutikula an Wachs und auf den Inhalt der

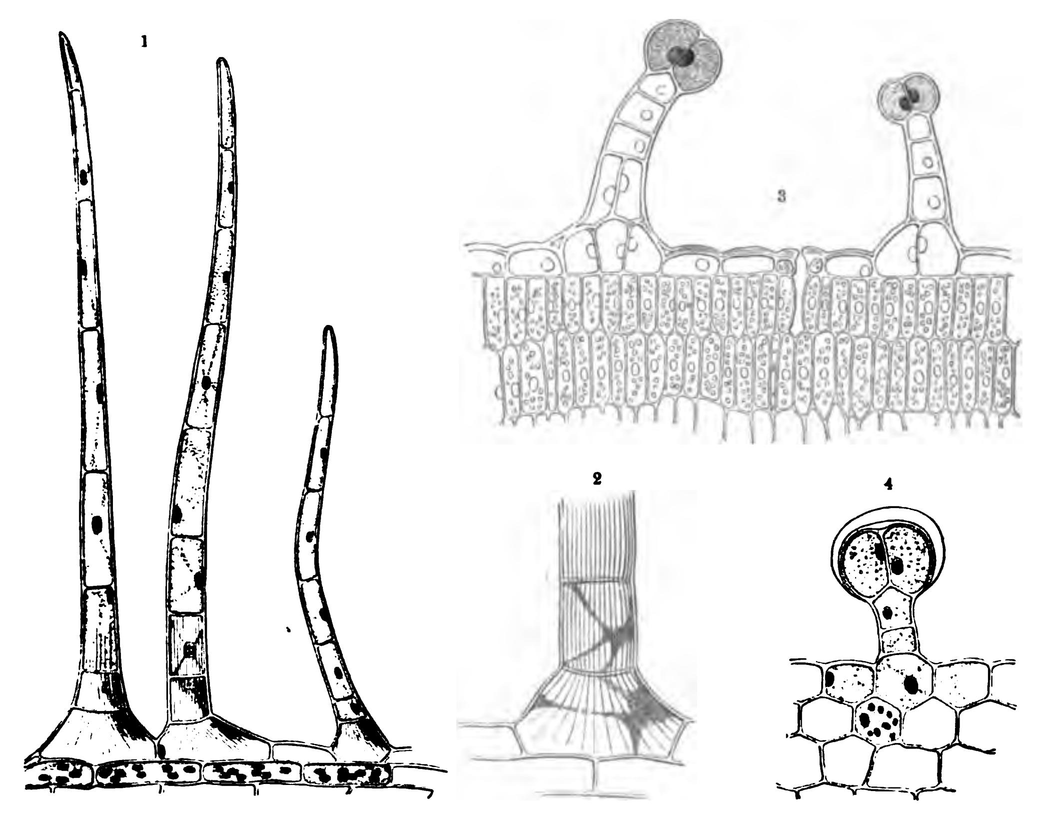


Haare und Blätter, welche Tau und Regen zurückhalten. 1. Stielloser Enzian (Gentiana acaulis). — 2. Taubecher (Alchimilla vulgaris). — 3. „Hühnerdarm" (Stellaria media). Vgl. Text, S. 211, 213 u. 221.

Zellen an, ob dieser nämlich eine größere oder geringere Affinität zum Wasser hat. Sind die Zellen der Haare mit Luft gefüllt, so sind sie auch zur Wasseraufnahme nicht geeignet.

Ist ein Haar gegliedert, d. h. besteht es aus einer einfachen Zellenreihe, so kommt es vor, daß nur die untersten oder nur die obersten Zellen dieser Reihe Wasser saugen. Daß nur die untersten Zellen solcher Haare zu Saugzellen werden, wurde an der auf S. 89 abgebildeten Alfredie, an Salvia argentea und mehreren andern Steppenpflanzen beobachtet. Es wird dasselbe auch für die weitverbreitete Stellaria media, welche unter dem deutschen Volksnamen „Hühnerdarm" bekannt ist, angegeben. Hier finden sich an den Gliedern des Stengels Haare, welche als Leisten von Knoten zu Knoten herablaufen. Gewöhnlich zeigt nur eine Seite des Stengels eine solche Haarleiste, und diese endigt immer dort, wo an den knotenförmigen Verdickungen des Stengels zwei gegenständige Blätter entspringen. Die Stiele dieser Blätter sind etwas rinnenförmig und an den Rändern mit

Haaren wie von Wimpern besetzt. Die Haarleisten an den Stengelgliedern werden von dem Regenwasser leicht benetzt und halten auch ziemlich viel Wasser fest. Was sie nicht mehr zurückhalten können, leiten sie nach abwärts zu den bewimperten Ansatzpunkten der nächst tiefern beiden Blätter, wo dann das Wasser durch die Wimpern förmlich getragen wird und sich zu einem den Stengelknoten umgebenden Wasserringe ansammelt (s. Abbildung, S. 210, Fig. 3). Wird auch diese Wasseransammlung so umfangreich und so schwer, daß sie durch die Wimpern nicht mehr festgehalten werden kann, so gleitet der Überschuß



1. Stengelhaare von Stellaria media; 110mal vergrößert. — 2. Unterste Zellen dieser Haare; 200mal vergrößert. — 3. Köpfchenhaare von Centaurea Balsamita; 150mal vergrößert. — 4. Köpfchenhaare von Pelargonium lividum; 150mal vergrößert. Vgl. Text, S. 211 u. 212.

an der einseitigen Haarleiste des nächsten Stengelgliedes zu dem tiefern Blattpaare hinab. Nach einem Regen sieht man daher jeden Knoten des Stengels, von welchem Blätter ausgehen, wie von einem Wasserbade umgeben, und auch die Haarleisten sind so von Wasser erfüllt, daß sie einer Kante aus Glas ähnlich sehen. Sämtliche Zellenglieder eines jeden Haares sind mit Protoplasma und Zellsaft erfüllt, aber nur die untersten, sehr verkürzten Zellen fungieren wirklich als Saugzellen. Der sie bewohnende Protoplast zieht das Wasser an, und diese Zellen erlangen, wenn sie in trockner Luft etwas erschlafft waren, was sich dadurch zu erkennen gibt, daß die Kutikula der äußern Zellwand feine, streifenförmige Falten zeigt (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1 und 2), nach erfolgter Benetzung ihren Turgor wieder, wodurch auch die feinen Falten an der Oberhaut sofort geglättet werden. Die obern Zellenglieder des Haares, obschon sie eine schwächere Kutikula besitzen, scheinen dagegen kein Wasser aufzusaugen und mehr der Leitung des Wassers zu dienen.

Wie gesagt, ist dieser Fall verhältnismäßig selten und die Wasseraufnahme auch nicht sehr bedeutend, häufig kommt es aber vor, daß die obersten Zellen eines gegliederten Haares als Saugzellen ausgebildet sind. Gewöhnlich ist dann die oberste Zelle kugelig oder ellipsoidisch und größer als die andern, oder es hat sich diese oberste Zelle in zwei oder vier oder noch mehr Zellen geteilt, welche zusammengenommen ein Köpfchen darstellen, das von den untern Zellen wie von einem Stiele getragen wird (s. Abbildung, S. 211, Fig. 3, 4). Man nennt solche Gebilde in der botanischen Kunstsprache Köpfchenhaare oder Drüsenhaare. Das Protoplasma in den Zellen des Köpfchens ist meistens dunkel gefärbt; die Haut dieser Zellen läßt das Wasser, welches von dem Zellinhalte mit großer Energie angezogen wird, leicht passieren. Manchmal ist zwar die Zellhaut ziemlich dick, sobald aber Wasser mit derselben in Berührung kommt, wird die äußere Schicht der Zellhaut abgehoben; auch die tiefern Schichten quellen auf, und durch diese gequollenen Schichten gelangt das Wasser in das Innere der Zelle. So verhält es sich z. B. bei vielen Pelargonien und Geranien, deren Köpfchenzellen bei jeder Wasseraufnahme einen förmlichen Häutungsprozeß durchmachen (s. Abbildung, S. 211, Fig. 4). An andern Pflanzen ist die Wand dieser Köpfchenzellen zu allen Zeiten dünn, und nicht nur der Zellinhalt besteht aus einer gummiartigen, klebrigen Masse, sondern auch die äußere Seite der Wand ist mit einer ausgeschiedenen klebrigen Schicht überzogen. In vielen Fällen breitet sich dann die von dem Köpfchen ausgeschiedene klebrige Masse über die ganze Oberfläche des Blattes aus, so daß sich dieses ganz klebrig anfühlt und wie mit Firnis überzogen erscheint. Manche in Felsritzen wurzelnde Pflanzen sowie auch nicht wenige staudenförmige Steppenpflanzen, für welche als Beispiel die in den persischen Hochsteppen vorkommende Centaurea Balsamita gewählt sein mag (s. Abbildung, S. 211, Fig. 3), sind ganz dicht mit derlei Drüsenhaaren überzogen. Der Vorteil des Baues dieser Köpfchenhaare liegt auf der Hand. Bei trocknem Wetter verhindert die sehr dicke Kutikula (Pelargonium) oder der firnisartige Überzug (Centaurea Balsamita) das Vertrocknen der betreffenden Zellen und Zellgruppen. Sobald aber Regen oder Tau fällt, nehmen die Kutikula sowie der firnisartige Uberzug Wasser auf, und es gelangt durch deren Vermittelung das Wasser auch in das Innere der Zellen. Es wird auf diese Weise wohl die Abgabe, nicht aber auch die Aufnahme des Wassers verhindert.

Außer den haarförmigen Bildungen können auch noch andre Oberhautzellen der Laubblätter als Saugzellen thätig sein, obwohl diese Wirksamkeit aus den schon früher erörterten Gründen eine ziemlich beschränkte ist und nur dann Platz greift, wenn der Turgor in den Zellen des Laubblattes abgenommen hat und das von diesen Zellen verdunstete Wasser durch die gewöhnlichen Zuleitungsapparate von den Wurzeln her nicht gedeckt wird. Wenn man Zweige von Pflanzen, welche an ihren Blättern und Stengeln weder Drüsenhaare noch irgend welche andre Haargebilde tragen, wie z. B. die beblätterten Stengel von Thesium alpinum, abschneidet, an der Schnittfläche mit Siegellack verklebt, dann welken läßt und später ganz welk unter Wasser taucht, so erfrischen sie sich in kürzester Zeit, ihre Blätter werden wieder straff, und die Zellen derselben haben ihren Turgor wiedergewonnen. Hier hat also entschieden eine Aufnahme durch die gewöhnlichen kutikularisierten Oberhautzellen stattgefunden. Allerdings sind diese Oberhautzellen des Thesium nicht gegen Benetzung geschützt. Dort, wo durch einen Wachsüberzug oder durch was immer für eine andre Einrichtung die Benetzung der Oberhautzellen ausgeschlossen ist, könnte natürlich auch von einer Wasseraufnahme keine Rede sein. Gerade dieser Umstand aber führt zu der Annahme, daß dem Wechsel von benetzbaren und nicht benetzbaren Teilen auf einem und demselben Blatte eine Bedeutung mit Rücksicht auf die Wasseraufnahme zukommt. Man kann an sehr vielen Laubblättern sehen, daß nur die über den Adern des Blattes liegenden Zellen der

Oberhaut das auf sie gelangende Wasser festhalten, beziehentlich von demselben genetzt werden, während von den dazwischenliegenden Feldern der Blattspreite das Wasser abrollt. Ja, in vielen Fällen finden sich Einrichtungen, welche augenscheinlich den Zweck haben, das Wasser von den nicht netzbaren zu den netzbaren Teilen der Oberhaut hinzuleiten.

Ausbildung von Saugzellen in besondern Gruben und Rinnen der Blätter.

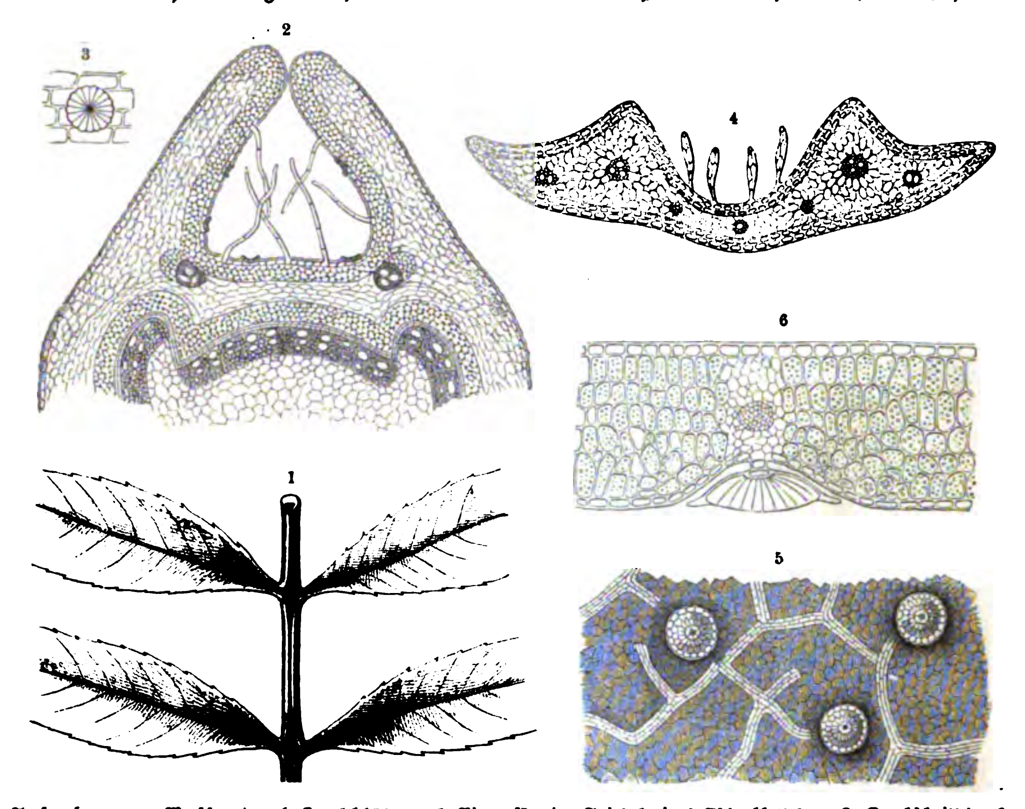
Die zuletzt besprochenen Einrichtungen sind wohl alle nur auf ein mehr zufälliges Erhaschen des atmosphärischen Wassers berechnet. Neben ihnen findet man aber auch noch zahlreiche andre ausgebildet, welche es möglich machen, daß jeder abrollende Tautropfen und das Wasser jedes vorüberziehenden Strichregens möglichst nachhaltig ausgenutzt werden. Diese Einrichtungen bestehen in mannigfaltigen Vertiefungen und Aushöhlungen, in welchen Regen und Tau angesammelt und gegen rasche Verdunstung geschützt werden. Bald sind es tiefe Hohlkehlen und Kanäle, bald kleine Grübchen, bald wieder Becken, blasige und napfförmige Bildungen, in deren Grunde das zusammenfließende Wasser aufgesaugt wird, und ebenso mannigfaltig wie die Form der Vertiefungen ist auch die Gestalt der Schutzvorrichtungen, welche ein zu rasches Verdampfen des einmal in die Vertiefungen eingeströmten Wassers in die Luft verhindern. Die auffallendsten dieser Bildungen mögen hier eine kurze Erörterung finden.

Was zunächst die wassersammelnden, zu Kanälen geschlossenen Rinnen anbelangt, so werden dieselben vorzüglich an den Blattstielen und an der Spindel zusammengesetzter Blätter getroffen. An der Esche z. B. ist die Blattspindel, von welcher die Teilblättchen ausgehen, an der obern Seite mit einer Rinne versehen. Dadurch, daß die durch ein sogenanntes Kollenchymgewebe gefestigten Ränder dieser Rinne sich aufbiegen und über der Rinne zusammenneigen, entsteht ein Kanal, der nur dort auseinander klafft, wo von den der Spindel seitlich aufsitzenden, dem Tropfenfalle ausgesetzten Teilblättchen Regenwasser zufließt (s. Abbildung, S. 214, Fig. 1). Die haarförmigen sowohl als die schildförmigen Zellgruppen, welche in den Rinnen und Kanälen ausgebildet sind (s. Abbildung, S. 214, Fig. 2, 3), werden durch das zugeflossene Wasser nicht nur flüchtig genetzt, sondern, da sich dort das Wasser mehrere Tage nach dem Regen erhält, für diese Zeit in ein förmliches Wasserbad versetzt und können das Wasser sehr allmählich aufsaugen.

An vielen Gentianeen, besonders auffallend an dem großblumigen, stiellosen Enziane (**Gentiana acaulis**), bilden die kreuzweise gestellten, grundständigen Blattpaare eine armblätterige Rosette (s. Abbildung, S. 210, Fig. 1). Der größere, vordere, dunkelgrüne Teil eines jeden Blattes ist flach und eben, nur die bleiche Basis ist rinnenförmig gestaltet. Dadurch, daß sich um diese Rinne herum das Gewebe des Blattes emporwulstet, wird diese Rinne noch mehr vertieft, und da alle Blätter der Rosette sehr zusammengedrängt sind, erscheint die Rinne eines jeden tiefern Blattes durch die darüberstehende Blattspreite überdeckt. Es bleibt auch in diesem versteckten Winkel das in die Rinnen von dem vordern Teile des Blattes her eingeströmte Tau- oder Regenwasser längere Zeit stehen, ohne zu verdunsten, und es haben daher Saugapparate, welche befähigt sind, Wasser aufzunehmen, genügend Muße, das zu thun. Als solche Saugapparate wirken aber hier im hintersten Winkel der Rinne lange, kolbenförmige, aus äußerst dünnwandigen Zellen zusammengesetzte Gebilde (s. Abbildung, S. 214, Fig. 4) und zwar so kräftig, daß abgeschnittene, etwas welke und an der Schnittfläche mit Siegellack verklebte Blätter, welche mit Regenwasser übergossen wurden, binnen 24 Stunden nahezu 40 Prozent ihres Gewichtes an Wasser aufnehmen. Ähnlich verhält es sich auch mit mehreren in den Tropen auf der Borke der Bäume mit

wenigen Wurzeln haftenden Bromeliaceen, deren rinnenförmige Rosettenblätter sich so decken und so gruppiert sind, daß ein förmliches System von Zisternen entsteht. Im Grunde jeder Zisterne befinden sich besondere dünnwandige Zellgruppen, welche das bei Regen einfließende Wasser aufsaugen.

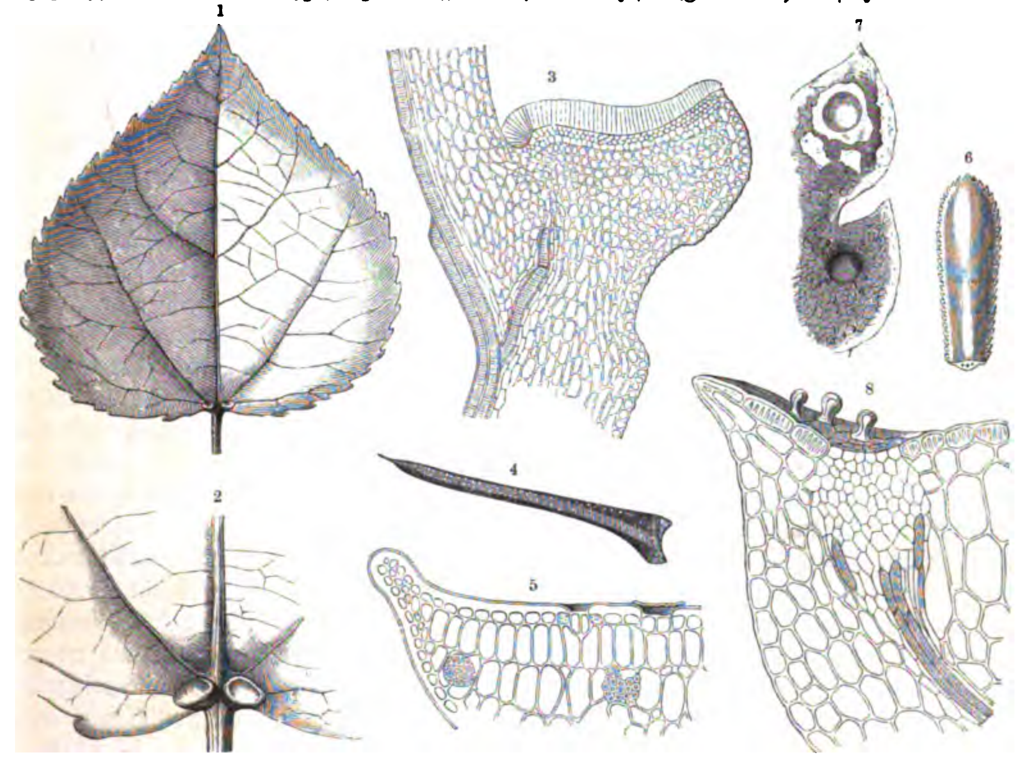
An den Blättern der Preißelbeere (Vaccinium Vitis Idaea) sind an der Unterseite kleine Grübchen ausgebildet, und in der Mitte eines jeden Grübchens befindet sich ein



Aufnahme von Wasser durch Laubblätter: 1. Rinnenförmige Spindel eines Eschenblattes. — 2. Durchschnitt durch dieselbe; 80mal vergrößert. — 3. Eine schildförmige Zellgruppe aus der Rinne. — 4. Durchschnitt durch die Basis eines Blattes vom stiellosen Enziane; 20mal vergrößert. — 5. Untere Seite eines Blattes der gewimperten Alpenrose; 20mal vergrößert. — 6. Durchschnitt durch ein Blatt der gewimperten Alpenrose; 80mal vergrößert. Vgl. Text, S. 213—215.

keulenförmiges Gebilde, dessen kleine, dünnwandige Zellen schleimige, klebrige Stoffe enthalten und als Saugapparate fungieren. Das Regenwasser, welches die obere Blattseite netzt, zieht sich über den Rand des Blattes an die untere Seite, erfüllt dort die kleinen Grübchen und wird von dem Saugapparate aufgenommen. Eine ähnliche Einrichtung zeigen auch die Alpenrosenblätter und die Blätter der amerikanischen Bacharis-Arten. So z. B. finden sich an der untern Seite der Blätter der gewimperten Alpenrose (Rhododendron hirsutum) ungemein zahlreiche scheibenförmige Drüsen (s. obenstehende Abbildung, Fig. 5), deren jede auf kurzem Stiele in einem kleinen Grübchen eingebettet ist (s. Fig. 6). Die Zellen, welche diese Drüsen zusammensetzen, sind strahlenförmig angeordnet und enthalten quellbare, schleimig-harzige Stoffe, welche auch ausgeschieden werden, so daß sie dann als eine hellbraune, krümelige Kruste die ganze scheibenförmige Drüse und manchmal auch die ganze Blattfläche überziehen. Fallen Regentropfen auf die Alpenrosenblätter, so wird zunächst die ganze obere Blattseite von dem Wasser genetzt, in kürzester Zeit aber zieht sich

das Wasser und zwar teilweise durch Vermittelung der am Blattrande stehenden Wimpern auch an die untere Blattseite. Sobald dasselbe auf die Drüsen gelangt, wird es von der erwähnten krümeligen Kruste aufgenommen, welche infolgedessen aufquillt. Aber auch die Grübchen, in welchen die Drüsen sitzen, füllen sich mit Wasser, und jede wie in einem Wasserbade stehende Drüse ist jetzt in der Lage, nach Bedarf Wasser aufzusaugen. Da die Drüsen regelmäßig über den Gefäßbündeln des Blattes ausgebildet sind (s. Abbildung, S. 214, Fig. 6), so kann das aufgesaugte Wasser auch in kürzester Zeit durch diese zu den Stellen



Saugrübchen und Saugnäpfe an Laubblättern: 1. Blatt eines Schößlinges der Espe. — 2. Die Basis dieses Blattes; 8mal vergrößert. — 3. Durchschnitt durch einen Saugnapf; 25mal vergrößert. — 4. Blatt des Acantholimon Senganense. — 5. Durchschnitt durch einen Teil dieses Blattes; 110mal vergrößert. — 6. Blatt des immergrünen Steinbrechs (Saxifraga Aizoon). — 7. Zwei Zähne des Blattrandes. Das Saugrübchen des obern Zahnes mit Kalkkrusten bedeckt; von dem untern Blattzahne die Kalkkruste entfernt. — 8. Durchschnitt durch einen Blattzahn und dessen Saugrübchen; 110mal vergrößert. Vgl. Text, S. 215–217 u. 220.

des Verbrauches hingeleitet werden. Sobald die Blätter der Alpenrosen wieder trocken werden, bildet auch die harzig-schleimige Masse über den Drüsen wieder eine trockne Kruste und schützt die zartwandigen Zellen der Drüsen gegen eine zu weit gehende Verdunstung.

Sehr merkwürdig sind auch die Saugvorrichtungen an den Blättern der Steinbreche aus der Gruppe Aizoonia und an den Blättern eines großen Teiles der Plumbagineen. Schon dem freien Auge erkennbar, erscheinen an den genannten Steinbrechen kleine Grübchen hinter der Spitze und längs der Seitenränder auf der obern Seite der Blätter. Ist der Blattrand gezahnt oder gekerbt, wie z. B. an Saxifraga Aizoon (s. obenstehende Abbildung, Fig. 6), so trägt jeder Zahn in der Mitte je ein solches Grübchen. Die Zellen, welche den äußersten Rand der Zähne oder Kerben bilden, sind immer sehr verdickt, starr und fest, das Mittelfeld des ganzen Blattes aber ist fleischig und wird aus einem sehr voluminösen großzelligen Parenchym gebildet. Das Gefäßbündel,

welches an der Basis des Blattes eintritt, verteilt sich in zahlreiche Seitenbündel, welche entweder ohne weitere Verzweigung gegen den Blattrand verlaufen (wie z. B. bei Saxicaesia), oder aber in ihrem Verlaufe sich netzförmig miteinander verbinden (wie bei Saxifraga Aizoon). Diese Seitenbündel endigen in den Blattzähnen des Randes unmittelbar unterhalb der dort befindlichen Grübchen, und zwar bildet jedes Ende eine knopfförmige oder birnenförmige Anschwellung, die lebhaft an die schraubig verdickten, zu rundlichen Gruppen vereinigten Zellen in den Blattwimpern des Sonnentaues (vgl. S. 134 und Abbildung, Fig. 1) erinnert. Der Boden eines jeden Grübchens wird von Zellen gebildet, welche sehr dünne Außenwände besitzen, und diese Zellen sind auch dazu bestimmt, das Wasser, welches in die Grübchen fließt, aufzusaugen. Augenscheinlich gelangt das aufgesaugte Wasser von da in die knopfförmigen Endigungen der Gefäßbündelzweige und kann nun weiter zu den übrigen Teilen des Blattes geleitet werden. Da alle diese Steinbreche an sonnigen Bergabhängen in den Ritzen der Felsen ihren Standort haben, so sind sie bei eintretender Dürre sehr dem Vertrocknen ausgesetzt. Die Oberhautzellen des Mittelfeldes und auch jene des äußersten Randes sind allerdings durch eine sehr dicke Kutikula geschützt (s. Abbildung, S. 215, Fig. 8), aber für die dünnwandigen Zellen im Grunde des Grübchen ist die Gefahr vorhanden, daß durch sie ebensoviel oder auch noch mehr Wasser in Dampfform entweicht, als früher bei Regenwetter aufgenommen wurde.

Um dieses Entweichen zu verhindern, findet sich nun ein sehr merkwürdiger Verschluß der Grübchen in Form einer Kruste aus kohlensaurem Kalke hergestellt. Diese Kruste überzieht bei manchen Steinbrechen die ganze obere Blattseite, bei andern nur den Rand oder nur die Stelle, wo die Grübchen eingesenkt sind, in welch letzterm Falle sie sich wie ein Deckel über dem Grübchen ausnimmt. Über dem Grübchen ist die Kruste immer verdickt und bildet manchmal einen förmlichen Pfropfen, der die ganze Vertiefung ausfüllt. Sie liegt der Oberhaut des Blattes zwar an, ist aber mit derselben nicht verwachsen und kann mit einer Nadel abgehoben werden. Bei Krümmungen der Blätter birst und zerbricht die Kruste in unregelmäßige Felder und Schuppen, und es wäre dann leicht möglich, daß bei heftigem Anpralle des Windes diese Schuppen und Bruchstücke der Kalkkruste abfallen und weggeblasen werden. Bei denjenigen Arten, bei welchen diese Gefahr vorhanden ist, wie z. B. bei Saxifraga Aizoon, deren Rosettenblätter sich bei trocknem Wetter ziemlich stark aufwärts und einwärts krümmen, wird die Kalkkruste durch eigentümliche Zapfen festgehalten, welche dadurch entstehen, daß einzelne Oberhautzellen sich über die andern erheben und papillenartig vorwölben (s. Abbildung, S. 215, Fig. 8). Diese Zapfen finden sich insbesondere an den Seitenwänden der Grübchen, aber auch sonst allenthalben zerstreut an der Oberhaut des Blattrandes. Sie sind mit der Kalkkruste so verschränkt, daß ein Abfallen der letztern nicht leicht erfolgen kann, und daß ein verhältnismäßig ziemlich starker Druck der Nadel nötig ist, um die Kruste von der Unterlage loszulösen. Der kohlensaure Kalk, aus welchem diese Krusten bestehen, wird von der Pflanze in Lösung ausgeschieden und zwar aus Poren, welche sich in der Tiefe der Grube finden. Die Poren haben die Gestalt gewöhnlicher Spaltöffnungen, sind in der Regel nur etwas größer, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie, nachdem einmal die Kalkkruste aus der ausgeschiedenen Lösung sich gebildet hat, auch als Spaltöffnungen bei der Transpiration beteiligt sind.

In welcher Weise der hier geschilderte Apparat wirksam ist, bedarf kaum noch einer weitern Erläuterung. Fällt Tau oder Regen auf das Steinbrechblatt, so wird sofort die ganze obere Fläche genetzt, das Wasser zieht sich unter die Kalkkruste, breitet sich dort aus und kommt im Nu auch in die Grübchen, wo es von den in der Tiefe befindlichen Saugzellen aufgenommen wird. Der Pfropfen aus Kalk, welcher in jedem Grübchen eingelagert ist, wird dabei nur unbedeutend gehoben. Bei trocknem Wetter liegt die Kalkkruste dicht

den Oberhautzellen auf, der Pfropfen senkt sich wieder und verhindert die Verdunstung des Wassers aus den dünnwandigen Zellen in dem Grübchen.

Diesen Saugvorrichtungen an den Steinbrechblättern außerordentlich ähnlich sind jene an den Blättern von Acantholimon, Goniolimon und einigen andern Plumbagineen. Man findet hier die Grübchen gleichmäßig über die ganze Blattfläche verteilt, und wenn sie durch eine Kruste oder Schuppe aus kohlensaurem Kalke zugedeckelt sind, erscheinen dadurch die Blätter weiß punktiert, wie das z. B. an dem auf S. 215, Fig. 4, abgebildeten Blatte des Acantholimon Senganense zu sehen ist. Hebt man eine der Kalkschuppen ab, so zeigt sich unter ihr ein kleines Grübchen, und man bemerkt, daß der Boden dieses Grübchens aus vier bis acht durch strahlenförmig verlaufende Scheidewände getrennten Zellen gebildet wird, deren Außenwand ungemein zart und dünn ist. Die an dieses Grübchen anschließenden andern Zellen der Oberhaut sind dagegen immer mit einer dicken Kutikula versehen (s. Abbildung, S. 215, Fig. 5). Die Zellen, welche den Boden des Grübchens bilden, scheiden zur Zeit, wenn ihren Wurzeln reichlich Wasser zugeführt wird und der Turgor in den Zellen der Blätter ein großer ist, gelösten doppeltkohlensauren Kalk aus. An der Luft entweicht ein Teil der Kohlensäure, und der im Wasser unlösliche einfachkohlensaure Kalk bildet dann eine Kruste, welche das Grübchen erfüllt und überdeckt und sich manchmal sogar über das ganze Blatt als ein zusammenhängender Kalkpanzer ausbreitet.

Alle Plumbagineen, namentlich alle Acantholimon-, Goniolimon- und Statice-Arten, welche diese Einrichtung zeigen, bewohnen Steppen und Wüsten, wo im Sommer monatelang kein Regen fällt, das Erdreich bis zu bedeutender Tiefe austrocknet und den Pflanzenwurzeln daher nur äußerst wenig Wasser geboten wird. Obschon die starren Blätter durch die dicke Kutikula und durch die Kalkkrusten und Kalkschuppen gegen übermäßige Verdunstung ihres Wassergehaltes geschützt sind, so ist, zumal dann, wenn die Mittagssonne über der Steppe brütet, ein geringer Wasserverlust doch schwer zu vermeiden, und bei der großen Trockenheit im Boden ist es kaum möglich, diesen wenn auch noch so geringen Wasserverlust mittels der an den Wurzelspitzen befindlichen Saugzellen aus der Erde zu ersetzen. Um so willkommener ist für solche Pflanzen der in den Steppen und Wüsten im Verlaufe der Nacht mitunter reichlich fallende Tau, welcher die starren Blätter netzt, sich sofort auch unter die Kalkkrusten und Kalkschüppchen hineinzieht, zu den dünnwandigen Zellen in der Tiefe der Grübchen kommt und von diesen begierig aufgesaugt wird. Wenn dann später am Tage neuerdings Trockenheit eintritt, so schließen sich die Kalkschuppen als kleine Deckel wieder fest an die darunterliegende Oberhaut und beschränken so gut wie möglich die Verdunstung. Insbesondere verhindern sie die Wasserabgabe aus den dünnwandigen Zellen im Grunde der Grübchen, welche sonst ganz unvermeidlich wäre und die ein rasches Verdorren der ganzen Pflanze im Gefolge haben würde. Damit die Kalkdeckel nicht abfallen, finden sich entweder, ähnlich wie bei Saxifraga Aizoon, in der nächsten Umgebung der Grübchen papillen- oder zapfenförmige, manchmal an den Enden hakenförmig gebogene Ausstülpungen von Zellen, mit welchen sich die Kalkkruste verschränkt, oder aber es ist jedes Grübchen oben etwas verengert und unten etwas erweitert, so daß der Kalkverschluß, dessen Gestalt der Form des Grübchens angepaßt ist, nicht herausfallen kann.

Eine ähnliche Bedeutung wie den Ausscheidungen von kohlensaurem Kalke kommt auch den Salzkrusten zu, mit welchen man die Blätter einiger Pflanzen auf dem dürren Boden der Steppen und Wüsten in der Nähe von Salzseen und auf dem trocknen Gelände an den Meeresküsten überzogen findet. Da man an den eben bezeichneten Stellen mitunter auch aus dem Erdreiche Salzkristalle auswittern und als weißen Beschlag dem Boden aufliegen sieht, so wurde früher geglaubt, daß die Salzkrusten auf den Blättern und Stengeln gar nicht von den betreffenden Pflanzen, sondern von dem umgebenden Erdreiche herstammen

und sich von dort nur über die Pflanzenteile gezogen haben. Dem ist aber nicht so. Thatsächlich stammt das Salz, welches man an den Blättern und Stengeln der Frankenien und Reaumurien, der **Hypericopsis persica** sowie einiger **Tamarix**- und **Statice**-Arten beobachtet, aus dem Innern der Blätter her. Es wird auf ganz ähnliche Weise ausgeschieden wie die früher besprochene Kruste aus kohlensaurem Kalke aus den Blättern der Steinbreche. Die Oberfläche der Blätter erscheint bei allen den genannten Pflanzen dem freien Auge wie punktiert. Sieht man näher zu, so zeigt es sich, daß jedem Punkte ein kleines Grübchen entspricht, dessen tiefste Stelle von Zellen mit äußerst zarter Außenwand gebildet wird. An ganz jungen Blättern ist nur eine einzige solche dünnwandige Zelle im Grunde des seichten Grübchens zu sehen. Diese teilt sich aber, und zur Zeit, wenn das Blatt ganz ausgewachsen ist, sieht man aus einer Zelle durch Teilung zwei bis vier hervorgegangen. In der Umgebung dieser dünnwandigen Zellen befinden sich überdies auch Spaltöffnungen in die Haut eingeschaltet, und aus diesen wird in der Regenzeit, wenn es an dem Standorte der genannten Pflanzen an Wasser nicht fehlt, wässerige Flüssigkeit hervorgepreßt, welche reichlich Salze gelöst enthält. Diese Salzlösung zieht sich über die ganze Oberfläche des Blattes, und es bilden sich aus ihr in trockner Luft Kristalle, welche als kleine Drusen oder auch als zusammenhängende Krusten dem Blatte aufsitzen.

Sieht man diese Tamarisken, Frankenien und Reaumurien in regenloser Periode in der Mittagszeit von der Sonne beschienen, so glitzern die Salzkristalle an den Blättern und Stengeln und lassen sich durch Druck als feines kristallinisches, weißes Pulver ablösen. Kommt man aber nach einer hellen Nacht an dieselbe Stelle, so ist von Kristallen keine Spur zu sehen; die kleinen Blättchen erscheinen grün, sind aber von einer bitterlich-salzig schmeckenden Flüssigkeit überzogen[1] und fühlen sich feucht und schmierig an. Die Salzkristalle haben aus der Luft im Laufe der Nacht Feuchtigkeit angezogen, sind zerflossen und zerronnen, und die Salzlösung überzieht nicht nur das ganze Blatt, sondern erfüllt auch die kleinen, dem freien Auge als Punkte erscheinenden Grübchen. Die dünnwandigen Zellen im Grunde der Grübchen, welche im Gegensatze zu den andern Oberhautzellen und den Schließzellen der Spaltöffnungen netzbar sind, fungieren als Saugzellen, und durch die dünnen Wände derselben gelangt das von den Salzen aus der Luft angezogene Wasser in das Innere der Blätter.

Wird bei höherm Sonnenstande die Luft trocken, so bilden sich aus der Salzlösung wieder Kristalle, welche als Krusten die Blätter neuerdings überziehen, auch die Grübchen ausfüllen und nun in den heißen Tagesstunden die Pflanzen vor einer zu weit gehenden Verdunstung schützen. Während demnach das Salz in der taufeuchten Nacht den Tamarisken, Frankenien und Reaumurien Wasser zuführt, schützt es dieselben tagüber gegen das Vertrocknen.

Es verdient noch erwähnt zu werden, daß zum Festhalten der Salzkristalle in der Umgebung der Saugzellen ganz ähnliche Papillen ausgebildet sind wie zum Festhalten der Kalkkrusten an den Steinbrech- und Akantholimonblättern. Auch sind die Blätter der mit Salzkristallen überzogenen Pflanzen meistens mit kleinen Börstchen besetzt, an welchen das Salz so festhängt, daß es selbst durch starkes Schütteln nicht leicht abgelöst werden kann.

So auffallend aber die Analogie zwischen der Ausbildung und Bedeutung von Kalkkrusten und Salzkrusten ist, so besteht doch ein wichtiger Unterschied darin, daß die Kalkkrusten nicht gleich den Salzkrusten die Fähigkeit haben, die Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen. Gerade darauf ist aber ein besonderes Gewicht zu legen. In dem hügeligen

[1] Die Salzkrusten, welche von der auf einer persischen Salzsteppe gesammelten **Frankenia hispida** abgelöst wurden, bestanden vorwaltend aus Kochsalz (Chlornatrium). In geringerer Menge enthielten sie Gips, schwefelsaure Magnesia, Chlorcalcium und Chlormagnesium.

und bergigen Ufergelände des Meeres und der Salzseen, wo insbesondere die Frankenien und Tamarisken ihre Heimat haben, trocknet der sandige Boden im Hochsommer so sehr aus, daß man kaum begreift, wie sich in demselben noch Pflanzen lebendig erhalten können. Die Nähe des Meeres hat dort auf die Feuchtigkeit des Bodens keinen unmittelbaren Einfluß. Das Meereswasser dringt nicht weit über die Strandlinie in den Boden ein, und von einer Befeuchtung der den Frankenien und Tamarisken zur Unterlage dienenden Bodenschichten durch Grundwasser kann keine Rede sein. Wenn im Sommer monatelang der Regen ausbleibt, müßten diese Pflanzen selbst in nächster Nähe des Meeres an Wassermangel zu Grunde gehen. Nur der Umstand, daß sie mit Hilfe der ausgeschiedenen Salze die Feuchtigkeit der Atmosphäre ausnutzen, macht ihr Gedeihen an diesen unwirtlichsten aller unwirtlichen Stellen möglich.

An vielen Pflanzen, welche zeitweilig großer Trockenheit ausgesetzt sind, erscheinen die Enden der Zähne des Blattrandes zapfen- oder warzenförmig verdickt, dabei etwas glänzend und zeitweilig auch klebrig. Der Glanz und die Klebrigkeit rühren von einer harzig-schleimigen, häufig auch zuckerhaltigen, süß schmeckenden Substanz her, welche die Zähne überzieht und die sich mitunter auch von den Zähnen hinweg noch weit einwärts über die obere Blattfläche als feine, firnisartige Schicht ausbreitet. Es wird dieser Firnis, welcher mit dem Sekrete der Drüsen an den Alpenrosenblättern und der Köpfchenhaare an den Blättern der Centaurea Balsamita die größte Ähnlichkeit hat und der auch unter dem Namen Balsam bekannt ist, von eignen Zellen ausgeschieden, welche sich in die Oberhaut der Blattzähne gruppenweise einschalten und welche sich von den andern Zellen der Oberhaut sofort dadurch unterscheiden, daß ihr Protoplasma bräunlich gefärbt ist, und daß ihre Außenwand das Wasser leicht durchläßt. Die Ausscheidung der firnisartigen Schicht erfolgt zur Zeit, wann die ganze Pflanze von Saft strotzt, also vorzüglich im Frühlinge. Im Hochsommer trocknet der Firnis ein und bietet dann einen vortrefflichen Schutz gegen die Gefahr einer zu weit gehenden Verdunstung aus den von ihm bedeckten Zellen, zumal jenen Zellen an den Blattzähnen, welche ihn ausgeschieden haben. Wird diese eingetrocknete Firnisschicht aber genetzt, so tränkt sie sich rasch mit Wasser und führt dann auch den von ihr überdeckten Zellen Wasser zu. Es kommt ihr daher eine ähnliche Bedeutung zu wie den Kalkkrusten und Salzkrusten auf den Blättern der früher besprochenen Pflanzen. Befeuchtet vermittelt sie die Auffaugung von Wasser, eingetrocknet schützt sie gegen Verdunstung.

Daß es vorzüglich die Zähne am Rande des Blattes sind, welche die eben geschilderte Einrichtung zeigen, hat wohl seinen Grund darin, daß sich besonders an diesen Punkten der Tau anlegt. Wenn man die Blätter der niedern Mandel- und Pflaumengehölze in den Steppengegenden nach hellen Sommernächten ansieht, so findet man an jedem Zahne des Blattrandes einen Tautropfen hängen, zur Mittagszeit sind aber alle Blattzähne wieder trocken und durch den Firnisüberzug gegen Wasserverlust geschützt. Übrigens zeigen nicht etwa nur Steppenpflanzen, sondern auch sehr viele Pflanzen, die auf dem sandigen, humusarmen Boden am Ufer der Bäche und Flüsse angesiedelt sind, diese Einrichtung zur direkten Aufnahme atmosphärischen Wassers, so namentlich die Lorbeer- und Bruchweide, die Pappeln, der Schneeball, die Traubenkirsche und noch viele andre. Auffallend ist, daß diese Einrichtung vorzüglich an den Blättern von Bäumen, Sträuchern und hohen Stauden, die Inkrustation mit Kalk aber immer nur an niedern Gewächsen mit rosettenförmig auf dem Boden ausgebreiteten oder starren, nadelförmigen Blattgebilden beobachtet wird. Der Grund dieser Erscheinung mag wohl darin liegen, daß das Gewicht der Kalkkrusten ein vielmal größeres ist als jenes der trocknen Firnisschicht. Was die über den Boden gebreiteten Blätter einer Statice oder die Rosetten der Saxifraga Aizoon unbedenklich tragen können,

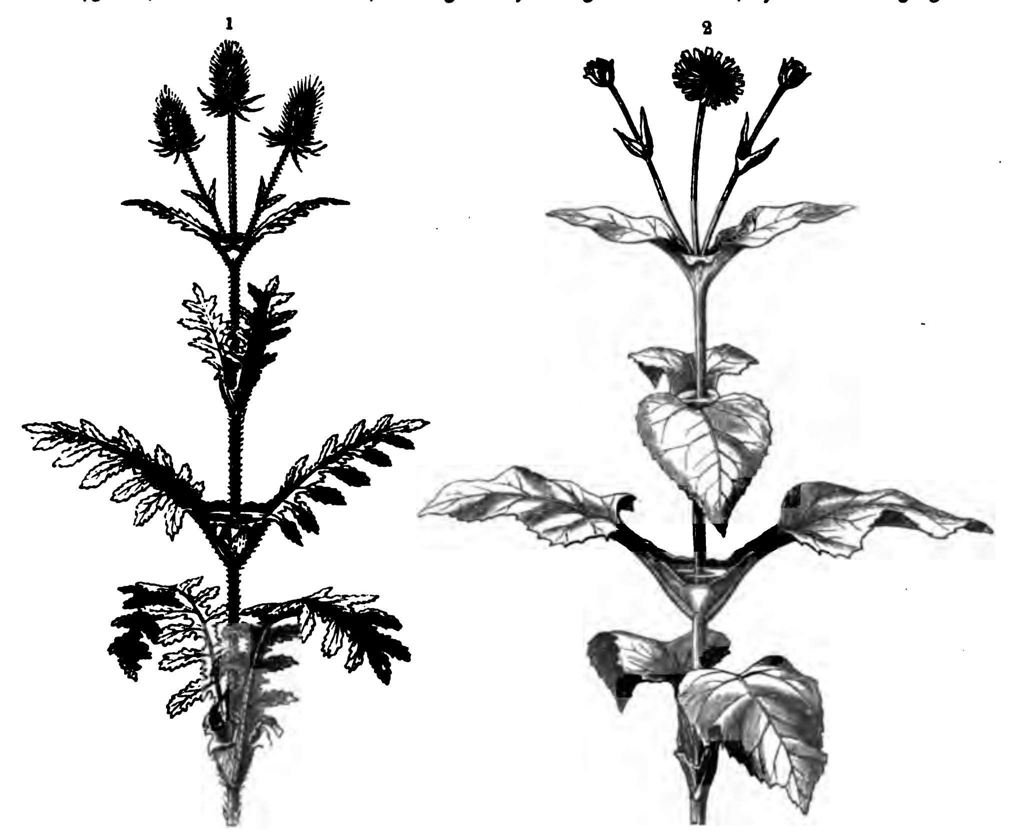
würde für die Blätter eines Kirsch- oder Aprikosenbaumes, einer Lorbeer- oder Bruchweide schlecht passen, und die Zweige eines solchen Baumes müßten, wenn seine Blätter mit Kalk inkrustiert wären, unter solcher Belastung zusammenbrechen.

In manchen Fällen sind nur einige wenige Zähne des Blattrandes zu Saugapparaten umgestaltet, und es finden sich dann immer besondere Vorrichtungen, welche den Regen und Tau zu diesen Zähnen hinführen. In dieser Beziehung kann die Espe oder Zitterpappel (Populus tremula) als ein sehr hübsches Beispiel dienen. Dieser Baum hat bekanntlich zweierlei Blätter. Jene, welche von den Zweigen der Krone ausgehen, sind lang gestielt und haben eine im Umrisse rundliche und am Rande etwas wellig gezahnte Spreite; jene, welche von den Wurzelschößlingen getragen werden, sind kürzer gestielt, ihre Spreite ist größer, fast dreieckig, schräg aufwärts gerichtet, und das ganze Blatt ist so gestellt und sein Rand so gebogen, daß der herabfallende Regen, welcher die obere Seite trifft, gegen den Blattstiel herabfließen muß (s. Abbildung, S. 215, Fig. 1). Aber gerade an der Grenze der Blattspreite und des Blattstieles stehen zwei aus den untersten Blattzähnen hervorgegangene napfförmige Gebilde (s. Abbildung, S. 215, Fig. 2) und zwar so, daß jeder von der Blattspreite herabkommende Regentropfen die seichten Vertiefungen dieser beiden Näpfe treffen und sie mit Wasser füllen muß. Diese Näpfe sind von brauner Farbe, haben die Größe eines Hirsekornes, und die Zellen ihrer Oberhaut sind mit einer dicken Kutikula versehen. Nur jene Zellen, welche die seichte Vertiefung des Napfes auskleiden, haben dünne Wandungen, und diese scheiden auch eine süß schmeckende, schleimig-harzige Substanz aus, welche bei trocknem Wetter wie ein Firnis das Grübchen überzieht und jedenfalls auch die darunter befindlichen Zellen gegen eine nachteilige Wasserabgabe schützt. Mit Wasser in Berührung gesetzt, quillt aber dieser Überzug auf, und das Wasser wird dann auch von den Zellen in der grubenförmigen Vertiefung aufgesaugt und in die unter den Näpfen verlaufenden Gefäße (s. Abbildung, S. 215, Fig. 3) geleitet.

Ähnlich wie bei der Espe, finden sich auch bei mehreren hohen Stauden, zumal aus der Gruppe der Kompositen, Blattzähne an der Grenze von Blattstiel und Blattspreite, welche als Saugapparate wirken, ausgebildet. Bei einigen zieht sich überdies der Rand der grünen Blattspreite als ein schmaler Saum am weißlichen, rinnenförmigen Blattstiele herab, und es finden sich dann auch an diesem schmalen, grünen Saume längs der Rinne derlei Zähne ausgebildet. An Telekia, einer im südöstlichen Europa weitverbreiteten, prächtigen Staudenpflanze, sind diese vom Rande der Blattstielrinne entspringenden zapfenförmigen oder keulenförmigen Zähne einwärts gekrümmt und überhaupt so gestellt, daß sie mit ihrer stumpfen Spitze in die Rinne hineinragen. Gerade an dieser stumpfen Spitze der Zähne finden sich aber Zellen mit sehr dünner, wasserdurchlassender Außenwand und mit wasseranziehendem Inhalte. Sobald nun Regenwasser von der Blattfläche her in die Rinne des Blattstieles fließt und diese anfüllt, werden die Spitzen der zapfenförmigen Zähne genetzt und saugen das Regenwasser auf.

Schließlich ist hier noch jener sonderbaren Becken im Bereiche der Laubblätter zu gedenken, in welchen das angesammelte atmosphärische Wasser wochenlang stehen bleibt, ohne gegen die Verdunstung durch besonders ausgeschiedene Substanzen geschützt zu sein. An ihrer Bildung können alle Teile und Abschnitte des Blattes beteiligt sein. Bei Saxifraga peltata ist die Blattspreite schildförmig und bildet eine flache, mit der ausgehöhlten Seite dem Himmel zugewendete Schüssel; bei der Moltebeere (Rubus Chamaemorus) kommt die Beckenbildung dadurch zu stande, daß sich die Ränder der im Umrisse nierenförmigen Blattspreite wie zu einer Tüte übereinander legen; bei den Wintergrünarten, zumal bei Pirola uniflora, sind die über den grünen Blättern folgenden blassen Stengelblätter in kleine Schüsselchen umgewandelt; bei einer Art Kardendistel, Dipsacus laciniatus (s. umstehende

Abbildung, Fig. 1), und bei dem nordamerikanischen Silphium perfoliatum (s. untenstehende Abbildung, Fig. 2) sind die beiden scheidenförmigen Teile von je zwei und zwei gegenüberstehenden Blättern miteinander verwachsen und bilden trichterförmige, verhältnismäßig große und tiefe Becken, aus deren Mitte sich das darüber folgende Stengelglied erhebt. Bei mehreren Wiesenrauten (Thalictrum galioides und simplex) sind die gegenüberstehenden und fast wie die zwei Schalen einer Muschel zusammenschließenden Nebenblättchen zu Wasser festhaltenden Höhlungen ausgestaltet, und bei vielen Doldenpflanzen, namentlich bei Heracleum und Angelica, ist die Blattscheide jedes einzelnen Blattes ausgebaucht oder wie aufgeblasen und bildet eine sackartige Umhüllung des darüberstehenden Stengelgliedes.



Wasserbecken: 1. an einer Kardendistel, Dipsacus laciniatus; — 2. an dem amerikanischen Silphium perfoliatum.

Diese Becken, Schalen und Schüsseln sind zu ihrer Umgebung immer so gestellt, daß das Regen- und Tauwasser von den Blattflächen her oder über das aus ihrer Mitte aufragende Stengelglied in sie eingeleitet wird und dann den Grund der Vertiefungen erfüllt. Ob von dem angesammelten Wasser in allen Fällen eine ausgiebige Menge aufgesaugt wird, muß freilich bezweifelt werden. Die Blätter der auf S. 210, Fig. 2, abgebildeten Alchimilla, an welchen die Erscheinung so auffallend hervortritt, daß der Volksmund diese Pflanze Taubecher genannt hat, ist die Wasseraufnahme jedenfalls nur eine unbedeutende, und es sind hier durch das Zurückhalten des Taues andre Vorteile erreicht, auf welche wir später zurückzukommen Gelegenheit haben werden. Für hohe Staudenpflanzen, insbesondere in den Prärien und Steppen, wo oft längere Zeit kein Regen fällt, ist es dagegen sichergestellt, daß das in den Becken angesammelte Wasser von den dort entwickelten Drüsenhaaren und

dünnwandigen Oberhautzellen aufgenommen wird. Es läßt sich diese Aufnahme durch einen sehr einfachen Versuch nachweisen. Schneidet man einen Stengel des auf S. 221 abgebildeten Silphium unterhalb des zu einem Becken zusammengewachsenen Blattpaares ab und verklebt die Schnittfläche mit Siegellack, so daß durch den Stengel von untenher kein Wasser aufgenommen werden kann, und leert man nun das in dem Becken angesammelte Wasser aus, so werden die Blätter in kurzer Zeit welk und hängen schlaff herab; sobald man aber das Becken mit Wasser gefüllt läßt, erhalten sich auch die Blätter noch lange frisch und beginnen erst zu welken, wenn sämtliches Wasser des Beckens verdampft und verschwunden ist. Gibt man Öl über das im Becken angesammelte Wasser, wodurch eine Verdunstung des letztern verhindert wird, so sieht man nichtsdestoweniger eine stete Abnahme der das Becken erfüllenden Wassermasse, und es läßt sich daraus entnehmen, daß dieses Wasser wirklich von den im Grunde des Beckens befindlichen Saugzellen aufgenommen und dem Gewebe der Blattfläche zugeführt wird.

Überblickt man nochmals alle diese Pflanzen, welche besondere Vorrichtungen zur Wasseraufnahme an ihren oberirdischen Stengeln und Blättern besitzen, so fällt zunächst auf, daß ein großer Teil derselben an sumpfigen Orten, an Bach- und Flußufern oder doch in Gegenden, wo für den Boden die Gefahr des Austrocknens nicht gegeben ist, seinen Wohnsitz aufgeschlagen hat. Das scheint allerdings ungereimt. Wie soll man sich erklären, daß die Gentianeen, die Eschen und Weiden, die Alpenrosen, die Torfmoose 2c., welche alle auf feuchten Wiesen, in Torfsümpfen, am Rande nie versiegender Quellen und in stets feuchten Gebirgsschluchten vorkommen, und deren Bedarf an Nähr- und Betriebswasser zu allen Zeiten durch Vermittelung der Wurzeln aus dem Boden gedeckt werden kann, auch noch ein Bedürfnis nach Wasser aus der Atmosphäre haben sollten? Ein Blick auf die Gesellschaft, in welcher diese Pflanzen vorkommen, leitet vielleicht zur Lösung der Frage hin. Auf den feuchten Wiesen und am Rande der Quellen, wo die Gentianeen, die Lorbeerweide und dergleichen vorkommen, fehlt es wohl niemals an dem Fettkraute (Pinguicula), welches früher unter den tierfangenden Pflanzen beschrieben wurde, und dort, wo das Torfmoos seine bleichen Polster in den Mooren wölbt, breitet auch sicherlich der Sonnentau seine tierfangenden Wimpern aus.

Mit Rücksicht auf das gesellige Vorkommen ist wohl auch die Voraussetzung gestattet, daß alle diese unter den gleichen Lebensbedingungen gedeihenden Pflanzen mit ihren oberirdischen Teilen auch nach demselben Stoffe fahnden. Dieser Stoff kann aber wohl kein andrer sein als der Stickstoff, welchen sie in der Unterlage nicht in genügender Menge vorrätig finden. Was ist dann natürlicher, als daß jene Pflanzen, die nicht auf den Tierfang eingerichtet sind, Salpetersäure und Ammoniak, welche, wenn auch in noch so geringen Spuren, in den atmosphärischen Niederschlägen enthalten sind, direkt mit ihren oberirdischen, von Regen und Tau benetzten Organen aufnehmen und nicht erst warten, bis diese für sie so wichtigen Verbindungen in den Boden eindringen und dort vielleicht an Punkten festgehalten werden, von wo sie die Wurzeln nur nach langer Zeit und nur auf sehr komplizierte Weise gewinnen könnten. Wenn man erwägt, daß auch jene Gewächse, welche im Sande und Gerölle der Steppen, auf den Terrassen und in den Ritzen steiler Felsabhänge, sowie jene, welche auf der Borke der Bäume als Überpflanzen wachsen, mittels ihrer Wurzeln aus der Unterlage nur sehr wenig oder vielleicht gar keine stickstoffhaltige Nahrung zu gewinnen im stande sind, so wird es erklärlich, daß auch sie mit Apparaten zur Aufnahme des atmosphärischen Wassers als des Lösungs- und Transportmittels stickstoffhaltiger Verbindungen besonders reichlich ausgestattet sind. Bei den Steppen-, Felsen- und Überpflanzen kommt überdies noch in Betracht, daß ihnen in trocknen Perioden auch ein Zuschuß an reinem

Wasser zu jenem, welches der Unterlage entnommen werden kann, sehr willkommen sein muß, und daß es in solchen Zeiten sehr vorteilhaft ist, wenn den oberirdischen Organen das atmosphärische Wasser direkt und nicht erst auf dem Umwege durch die Unterlage zukommt.

Ist diese Auffassung begründet, so hätte das atmosphärische Wasser, welches mit Hilfe der früher beschriebenen Vorrichtungen von den oberirdischen Organen aufgenommen wird, vorwaltend als Träger stickstoffhaltiger Verbindungen für die Pflanze einen Wert und wäre in diesem Sinne als Betriebswasser aufzufassen. Ob dasselbe auch als Nährstoff, wenigstens teilweise, Verwendung findet, läßt sich weder behaupten, noch bestreiten. Eine getrennte Aufnahme desjenigen Wassers, welches nur zum Betriebe verwendet, und desjenigen, welches auch zum Aufbaue organischer Verbindungen verbraucht wird, findet in der Pflanze nicht statt, und es läßt sich von dem aufgenommenen Wasser im vorhinein auch nicht sagen, welche Rolle es in der Pflanze zu spielen hat. Höchst wahrscheinlich erfolgt die Verteilung der Rollen durchaus nicht gleichmäßig, sondern im bunten Wechsel, wie es eben Zeit, Ort und Bedürfnis mit sich bringen.

Es wurde schon bei früherer Gelegenheit (S. 145) darauf hingewiesen, daß in dem Wasser, welches die größern im Bereiche der Laubblätter ausgebildeten Becken erfüllt, nicht selten kleine Tiere verunglücken, daß auch Blütenstaub, Sporen, Erdteilchen in diese Becken durch Luftströmungen hineingebracht werden, daß nach erfolgter Lösung und Zersetzung dieser organischen und mineralischen Körper das Wasser eine bräunliche Färbung zeigt und organische Verbindungen sowie auch Nährsalze gelöst enthält. Daß diese Verbindungen mit dem Wasser durch die am Grunde der Becken nie fehlenden Saugzellen in das Innere der Pflanze gelangen können, braucht nicht nochmals wiederholt zu werden; doch scheint es am Platze, jener Fälle hier speziell zu gedenken, in welchen die Erscheinung besonders auffallend beobachtet wurde. Die größte Menge gelöster und auch ungelöster Stoffe findet man in den flachen, schüsselförmigen Blattspreiten der an quelligen Stellen in der nordamerikanischen Sierra Nevada wachsenden Saxifraga peltata. Das Wasser in diesen Schalen ist von den zersetzten Käfern, Wespen, Asseln, abgefallenen Blättern, Exkrementen von Tieren mitunter ganz dunkelbraun gefärbt, und wenn es verdunstet, bleibt in der Tiefe des Napfes eine förmliche Kruste zurück. Im Grunde der blasenförmig aufgetriebenen Blattscheiden einer Bärenklauart, Heracleum palmatum, fand ich drei Tage nach einem Regen noch eine nahezu 2 cm hohe Schicht braunen Wassers und in der Tiefe einen Absatz aus schwärzlichem, schmierigem Mulme, in welchem noch die Reste verwester Ohrwürmer, Käfer und Spinnen zu erkennen waren. Ähnliches beobachtet man in den Zisternen der Bromeliaceen und in den Wasserbecken von Dipsacus laciniatus und Silphium perfoliatum (s. S. 221), und es ist interessant, daß sich im Grunde der Becken des genannten Dipsacus auch Zellen finden, welche ähnlich jenen in den Kammern der Schuppenwurz Protoplasmafäden ausstrahlen, und daß sich in dem Wasser dieser Becken immer auch unzählige Fäulnisbakterien einstellen. In den schalenförmigen Blättern der Pelargonien tritt die Menge organischer tierischer Reste zurück, bagegen findet man in denselben oft erdige Partikelchen, so zwar, daß dann, wenn das Wasser verdampft ist, der Blattgrund mit einer aschgrauen erdigen Schicht überzogen ist.

Derartige Beobachtungen festigen die Überzeugung, daß in betreff der Nahrungsaufnahme eine scharfe Grenze weder zwischen den tierfangenden Pflanzen und Erdpflanzen, noch zwischen den Erdpflanzen und Verwesungspflanzen, noch auch zwischen den Verwesungspflanzen und tierfangenden Pflanzen besteht, sowie aus ihnen auch hervorgeht, daß Wasser, mineralische Nährsalze und organische Verbindungen nicht nur durch unterirdische, sondern auch durch oberirdische Saugapparate aufgenommen werden können.

6. Ernährungsgenossenschaften.

Inhalt: Flechten. — Ernährungsgenossenschaft grün belaubter Blütenpflanzen und chlorophyllfreier Pilzmycelien. — Fichtenspargel. — Pflanzen und Tiere, eine große Ernährungsgenossenschaft.

Flechten.

Von botanischen Schriftstellern, welche die Vegetation eines begrenzten Gebietes schildern, werden häufig die Pflanzenarten als „Bürger" des betreffenden Landes bezeichnet. Die Verhältnisse, unter welchen die Pflanzen leben, werden mit staatlichen Einrichtungen in Parallele gestellt und insbesondere die Beziehungen der Pflanzen untereinander mit dem Leben und Treiben der menschlichen Gesellschaft verglichen. Zu solchen Vergleichen hat nicht am wenigsten der Umstand beigetragen, daß man in der That häufig Gelegenheit hat, zu sehen, wie die in einer Gegend zusammenlebenden Pflanzenarten vielfach aufeinander angewiesen sind, wie sie sich in einem steten Wettkampfe um die Nahrung, um den Boden, um Licht und Luft befinden, wie die einen von den andern ausgebeutet und unterdrückt, andre wieder von ihren Nachbarn unterstützt und geschützt werden, und wie nicht selten ganz verschiedene Arten sich vereinigen, um so einen gegenseitigen Vorteil zu erreichen.

Was die Ausbeutung der einen durch die andern anbelangt, so wurde dieselbe in einem vorhergehenden Kapitel bereits eingehend besprochen, und es wurde dort auch erörtert, daß die Bezeichnung „Schmarotzer" nur auf jene Gewächse in Anwendung gebracht werden kann, welche dem lebendigen Teile andrer Organismen Stoffe entziehen, ohne dafür einen Gegendienst zu erweisen. Der Wirt, dem der Schmarotzer sich aufgedrängt hat, deckt den Tisch und liefert Speisen und Getränke, ohne bezahlt zu werden. Man sollte glauben, daß nichts leichter und einfacher sei, als dieses Verhältnis zu ermitteln, und doch unterliegt die Feststellung des Schmarotzertumes in einzelnen Fällen manchen Schwierigkeiten. Die Hauptschwierigkeit liegt insbesondere darin, daß man nicht immer mit Bestimmtheit sagen kann, ob der Wirt nicht doch vielleicht einen Vorteil von der ihm aufsitzenden und ihn aussaugenden Pflanze hat. Wäre aber das der Fall, dann ist die letztere kein Schmarotzer mehr, und das Verhältnis beider wäre vielmehr ein einfacher Tauschverkehr, eine wechselseitige Unterstützung, eine *friedliche Genossenschaft zu beiderseitigem Vorteile.*

Bei Besprechung der zweiten Reihe der Schmarotzerpflanzen wurde bereits (S. 165) erwähnt, daß diejenigen Gewächse, an welche sich die Augentrostarten mit Saugwarzen anheften, keinen ersichtlichen Nachteil infolge dieser Verbindung haben. Dasjenige Würzelchen, mit welchem die Saugwarzen verwachsen, geht zwar im Herbste zu Grunde, aber auch der Augentrost dorrt zu dieser Zeit ab, und es wäre nicht undenkbar, daß die brauchbaren Stoffe, welche in den grünen Blättern des Augentrostes vorhanden sind, noch kurz vor dem Abdorren in die Wirtpflanze übergeführt und dort in dem nicht absterbenden Teile der Wurzel rechtzeitig als Reservestoffe deponiert werden, und daß so die Wirtpflanze von dem Augentroste schließlich doch noch einen Nutzen zieht. Was hier für den Augentrost und die mit ihm verbundenen Gräser als Möglichkeit hingestellt sein mag, ist an andern Gewächsen zur Thatsache geworden. Man kennt nämlich Pflanzen, welche sich miteinander zu Einem Organismus verbinden und dann in ihren Verrichtungen so ergänzen, daß schließlich beide Teile dadurch ihren Vorteil haben. *Die eine Pflanze nimmt Nährstoffe aus der Unterlage und aus der Luft auf und leitet dieselben in die zweite Pflanze über, in deren grünen Zellen das Rohmaterial unter Einfluß des Sonnenlichtes zu organischen Verbindungen verarbeitet wird. Die hier erzeugten organischen*

6. Ernährungsgenossenschaften.

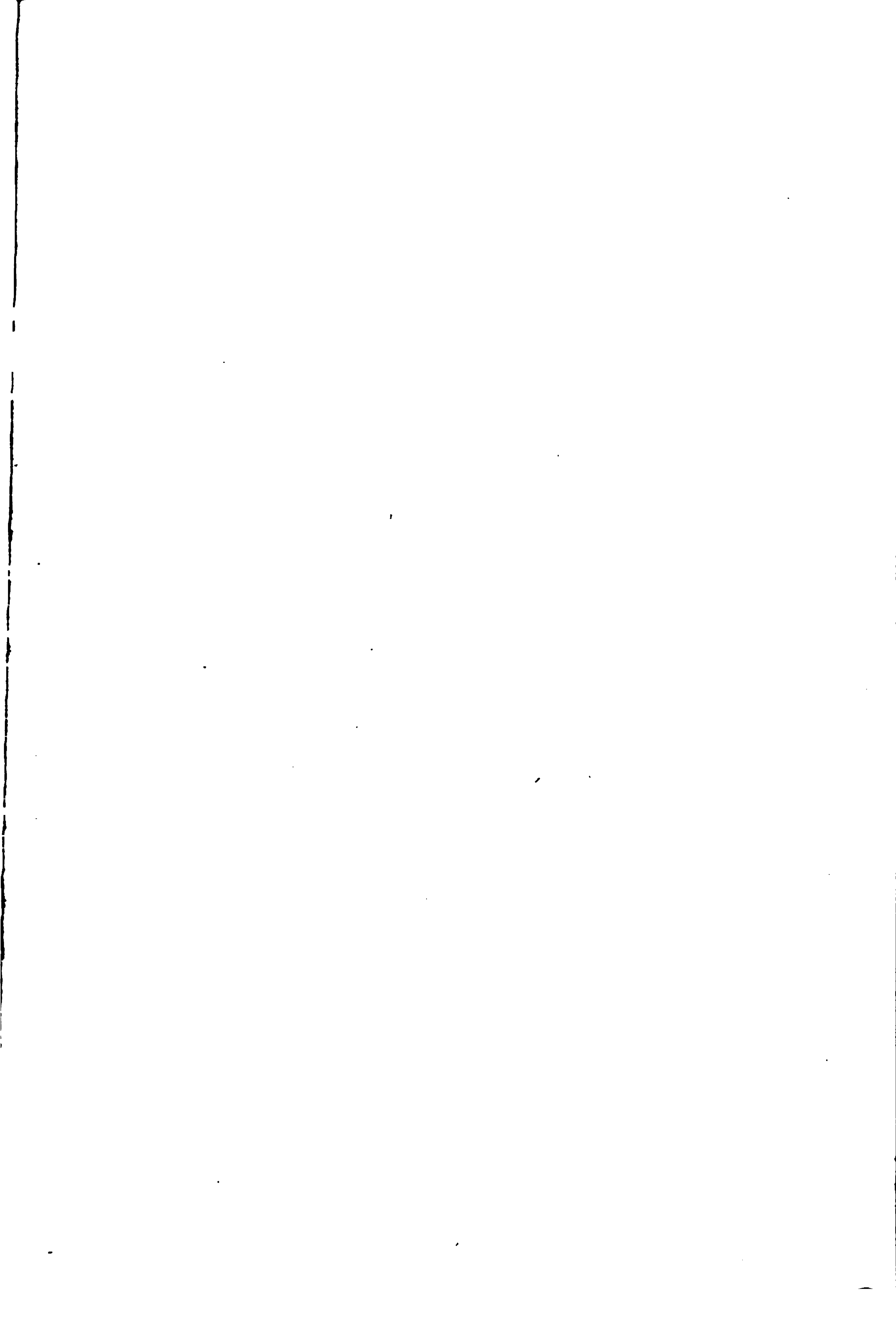
Inhalt: Flechten. — Ernährungsgenossenschaft grün belaubter Blütenpflanzen und chlorophyllfreier Pilzmycelien. — Fichtenspargel. — Pflanzen und Tiere, eine große Ernährungsgenossenschaft.

Flechten.

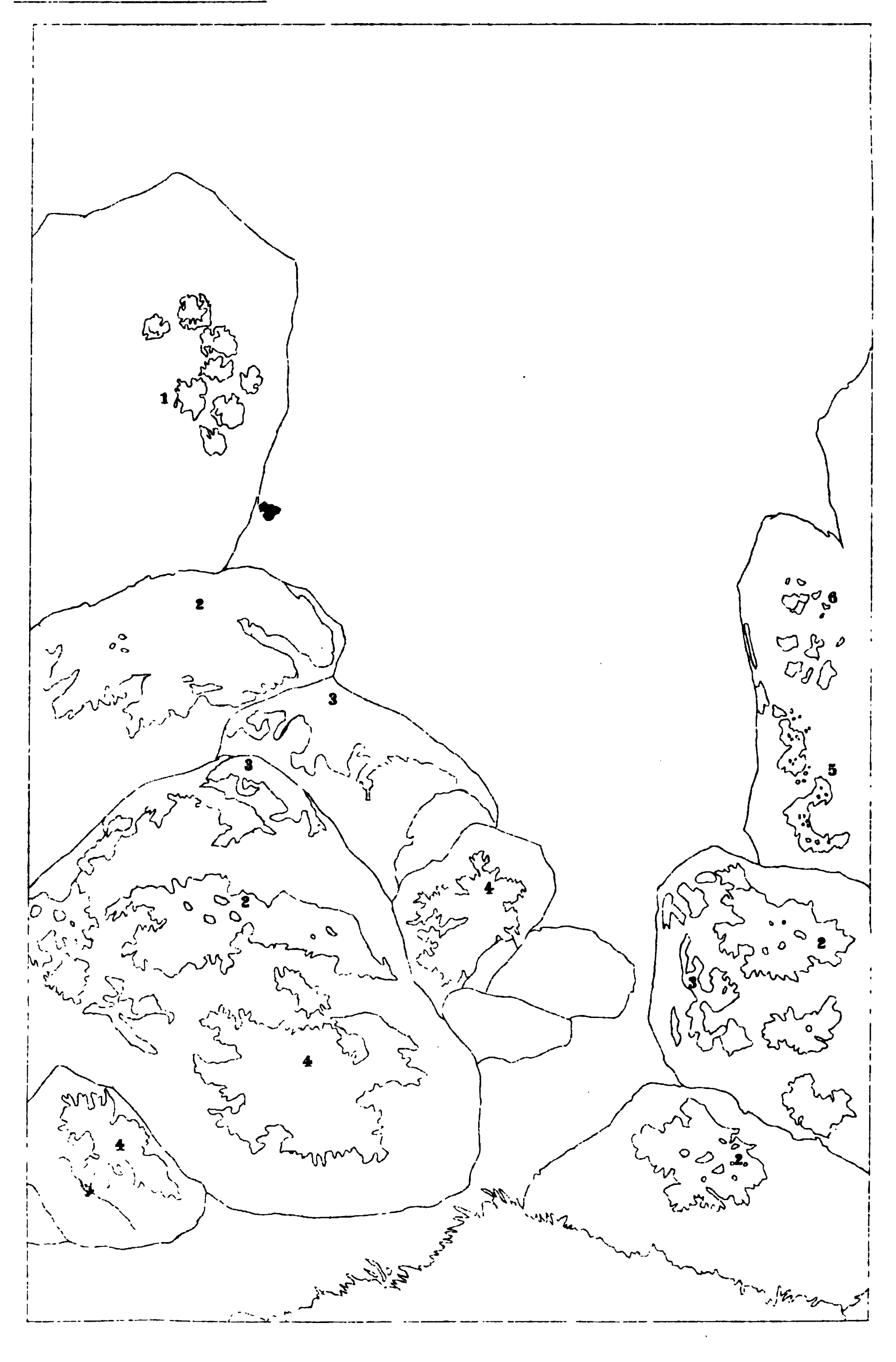
Von botanischen Schriftstellern, welche die Vegetation eines begrenzten Gebietes schildern, werden häufig die Pflanzenarten als „Bürger" des betreffenden Landes bezeichnet. Die Verhältnisse, unter welchen die Pflanzen leben, werden mit staatlichen Einrichtungen in Parallele gestellt und insbesondere die Beziehungen der Pflanzen untereinander mit dem Leben und Treiben der menschlichen Gesellschaft verglichen. Zu solchen Vergleichen hat nicht am wenigsten der Umstand beigetragen, daß man in der Thai häufig Gelegenheit hat, zu sehen, wie die in einer Gegend zusammenlebenden Pflanzenarten vielfach aufeinander angewiesen sind, wie sie sich in einem steten Wettkampfe um die Nahrung, um den Boden, um Licht und Luft befinden, wie die einen von den andern ausgebeutet und unterdrückt, andre wieder von ihren Nachbarn unterstützt und geschützt werden, und wie nicht selten ganz verschiedene Arten sich vereinigen, um so einen gegenseitigen Vorteil zu erreichen.

Was die Ausbeutung der einen durch die andern anbelangt, so wurde dieselbe in einem vorhergehenden Kapitel bereits eingehend besprochen, und es wurde dort auch erörtert, daß die Bezeichnung „Schmarotzer" nur auf jene Gewächse in Anwendung gebracht werden kann, welche dem lebendigen Teile andrer Organismen Stoffe entziehen, ohne dafür einen Gegendienst zu erweisen. Der Wirt, dem der Schmarotzer sich aufgedrängt hat, deckt den Tisch und liefert Speisen und Getränke, ohne bezahlt zu werden. Man sollte glauben, daß nichts leichter und einfacher sei, als dieses Verhältnis zu ermitteln, und doch unterliegt die Feststellung des Schmarotzertumes in einzelnen Fällen manchen Schwierigkeiten. Die Hauptschwierigkeit liegt insbesondere darin, daß man nicht immer mit Bestimmtheit sagen kann, ob der Wirt nicht doch vielleicht einen Vorteil von der ihm aufsitzenden und ihn aussaugenden Pflanze hat. Wäre aber das der Fall, dann ist die letztere kein Schmarotzer mehr, und das Verhältnis beider wäre vielmehr ein einfacher Tauschverkehr, eine wechselseitige Unterstützung, eine *friedliche Genossenschaft zu beiderseitigem Vorteile.*

Bei Besprechung der zweiten Reihe der Schmarotzerpflanzen wurde bereits (S. 165) erwähnt, daß diejenigen Gewächse, an welche sich die Augentrostarten mit Saugwarzen anheften, keinen ersichtlichen Nachteil infolge dieser Verbindung haben. Dasjenige Würzelchen, mit welchem die Saugwarzen verwachsen, geht zwar im Herbste zu Grunde, aber auch der Augentrost dorrt zu dieser Zeit ab, und es wäre nicht undenkbar, daß die brauchbaren Stoffe, welche in den grünen Blättern des Augentrostes vorhanden sind, noch kurz vor dem Abdorren in die Wirtpflanze übergeführt und dort in dem nicht absterbenden Teile der Wurzel rechtzeitig als Reservestoffe deponiert werden, und daß so die Wirtpflanze von dem Augentroste schließlich doch noch einen Nutzen zieht. Was hier für den Augentrost und die mit ihm verbundenen Gräser als Möglichkeit hingestellt sein mag, ist an andern Gewächsen zur Thatsache geworden. Man kennt nämlich Pflanzen, welche sich miteinander zu Einem Organismus verbinden und dann in ihren Verrichtungen so ergänzen, daß schließlich beide Teile dadurch ihren Vorteil haben. *Die eine Pflanze nimmt Nährstoffe aus der Unterlage und aus der Luft auf und leitet dieselben in die zweite Pflanze über, in deren grünen Zellen das Rohmaterial unter Einfluß des Sonnenlichtes zu organischen Verbindungen verarbeitet wird. Die hier erzeugten organischen*



[Zur Tafel »*Krustenflechten*«.]



1. *Umbilicaria pustulata*.
2. *Imbricaria caperata*.
3. *Rhizocarpon geographicum*.
4. *Gasparinia elegans*.
5. *Lecidea confluens*.
6. *Gyrophora cylindrica*.

Verbindungen dienen aber dann beiden zum weitern Ausbaue ihres Leibes, und es ist daher eine solche Verbindung als eine wahre Ernährungsgenossenschaft aufzufassen.

Als eine derartige Genossenschaft sind in erster Linie die Flechten oder Lichenen zu bezeichnen, eine ungemein artenreiche, in Tausende von Formen gegliederte Abteilung der Sporenpflanzen, deren Repräsentanten vom Meeresgestade bis zu den höchsten bisher von Menschen erreichten Felsgipfeln des Hochgebirges und von den Tropen bis in die arktische und antarktische Zone verbreitet sind.

Als Genossen erscheinen in den Flechten einerseits Gruppen und Ketten rundlicher, ellipsoidischer oder scheibenförmiger, grüner Zellen, welche Pflanzenarten angehören, die man unter dem Sammelnamen „Algen" begreift, und anderseits chlorophyllose, bleiche, schlauchförmige Zellen oder Hyphen, welche Pflanzenarten angehören, die unter dem Sammelnamen „Pilze" zusammengefaßt werden (s. Abbildung, S. 227).

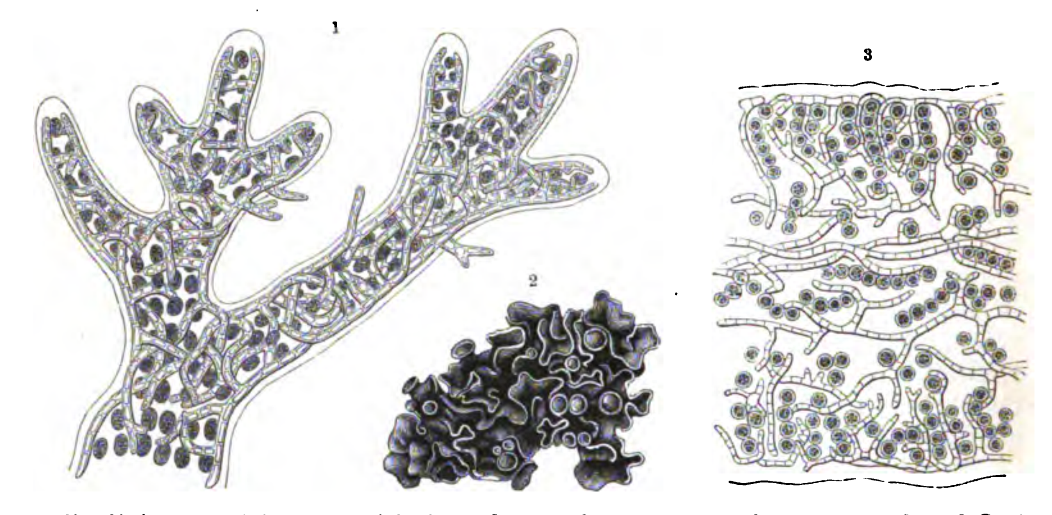
Ein großer Teil dieser Flechten erscheint in Form von Krusten über Steinen, Erde, Borke und altem Holzwerke, oder aber es ist der ganze Flechtenkörper eingenistet und eingebettet in die Vertiefungen der verwitterten Steinoberfläche oder zwischen die Zellwandungen abgestorbener Holz- und Rindenteile, so daß man auf sein Vorhandensein oft nur durch die veränderte Färbung der Unterlage und durch die über die Unterlage emporgehobenen Fruchtkörper aufmerksam gemacht wird.

Man nennt solche Flechten, für welche die weitverbreitete, auf der beigehefteten Tafel an der schwefelgelben Farbe sofort erkennbare Landkartenflechte (Lecidea geographica) als Beispiel dienen kann, Krustenflechten. An dieselben reihen sich als eine zweite große Gruppe die Laubflechten an, deren Körpergestalt am besten mit den am Rande gekräuselten oder wellig hin- und hergebogenen Laubblättern der Krauseminze oder der krausblätterigen Käsepappel oder auch mit wiederholt gabelig geteilten, unregelmäßig strahlenförmig auswachsenden Lappen verglichen werden kann, und die mit der Unterlage nur durch wurzelartige Fransen leicht verbunden sind, so daß es ohne Schwierigkeit gelingt, sie abzulösen und abzuheben. Die hellgraue, mit braunen, schüsselförmigen Fruchtkörpern besetzte Parmelia saxatilis auf den Steinblöcken im Vordergrunde des Bildes kann als Repräsentant für diese Laubflechten gelten. Als eine dritte Gruppe unterscheidet man weiterhin die Strauchflechten, deren Körper sich in Gestalt eines Strauches vom Boden erhebt, und deren cylindrische, röhrenförmige und bandartige, vielfach verzweigte Stämmchen an der Basis nur mit einer sehr kleinen Ansatzfläche der Unterlage angewachsen sind. Zu diesen gesellen sich auch die Bartflechten, welche von der Borke alter Bäume als bleiche, vielfach verzweigte Bärte herabhängen. Eine fünfte Gruppe bilden endlich die Gallertflechten, welche, befeuchtet, dunkel olivengrüne oder fast schwarze, gefaltete und verbogene gallertige Häufchen oder auch vielfach geteilte, zu kleinen Polstern zusammengedrängte Bänder und Streifen darstellen.

In den zuletzt genannten Gallertflächen bilden die Algenzellen perlenschnurförmige Reihen und sind durch die ganze Dicke des Flechtenkörpers hindurch mit den Hyphenfäden des Pilzes verschlungen, wie bei Collema pulposum (s. Abbildung, S. 226, Fig. 2, 3), oder sie bilden regelmäßige, bandförmige Doppelreihen, die von spärlichen Hyphen umsponnen werden, wie bei Ephebe Kerneri (s. Abbildung, S. 226, Fig. 1). In den Krustenflechten, Laub- und Strauchflechten bilden die Algenzellen ein regelloses Haufwerk, sind in der Mitte des Flechtenkörpers zusammengedrängt und erscheinen dort zwischen eine obere und untere Schicht dicht verfilzter Hyphenfäden eingelagert, wie bei Coccocarpia molybdaea (s. Abbildung, S. 227, Fig. 3).

Bei der weiten Verbreitung der Flechten ist vorauszusetzen, daß die beiden Genossen, welche sich in dem Flechtenkörper zusammenfinden, ungemein leicht und weit herumwandern

können. Wenn man sieht, wie an den frischen Bruchflächen der Steinblöcke, die nach einem Bergsturze ins Thal herabgekollert sind, nach wenig Jahren Ansätze der verschiedensten Flechten entstehen, so kann man sich das nur durch die Annahme erklären, daß durch Luftströmungen die betreffenden Algen- und Pilzzellen zusammengeweht wurden und ihnen an dem Steinblocke die Gelegenheit gegeben wurde, eine Verbindung einzugehen. Was nun den einen der beiden Genossen, nämlich jenen, der des Chlorophylls entbehrt und als Pilz bezeichnet wurde, anbelangt, so ist uns die Vorstellung, daß allerwärts in der Luft Pilzsporen herumschwärmen, so geläufig, daß auch die Annahme eines gelegentlichen Strandens einzelner dieser durch Winde fortgetriebener Sporen an befeuchteten Bruchflächen der Steinblöcke keinem Widerstande begegnen kann. Was insbesondere die aus den oberflächlichen Fruchtkörpern der Flechten ausgestoßenen Sporen anlangt, so muß die Behandlung



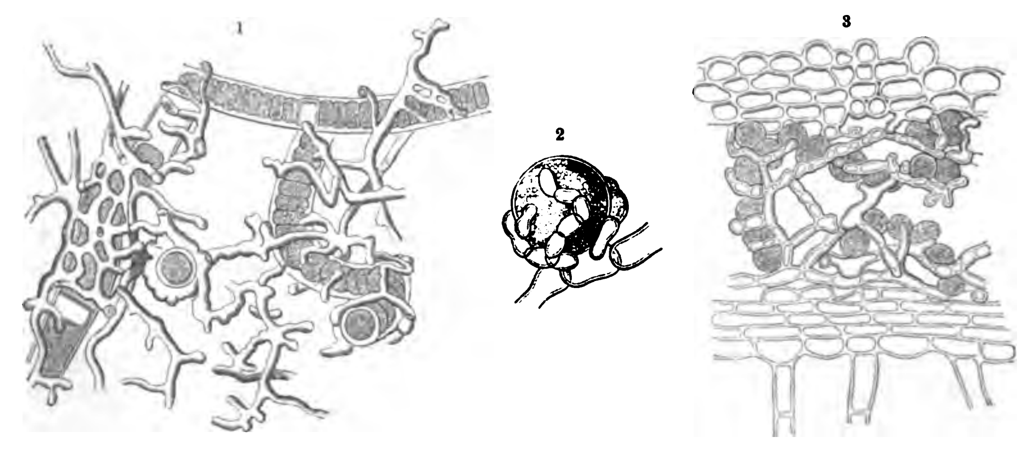
Gallertflechten: 1. Ephebe Kerneri; 450mal vergrößert. — 2. Collema pulposum; in natürlicher Größe. — 3. Durchschnitt durch Collema pulposum; 450mal vergrößert. Vgl. Text, S. 225.

ihrer Entwickelungsgeschichte und ihrer Verbreitung selbstverständlich einem spätern Abschnitte vorbehalten bleiben; aber das eine ist doch schon hier zu erwähnen, daß für die ausgiebigste und weiteste Verbreitung dieser Sporen gesorgt ist.

Für den einen Genossen hat es demnach keine Schwierigkeit, sich sozusagen seine Allgegenwart vorzustellen. Was nun aber die Algen anlangt, so denkt man bei Nennung dieses Namens zunächst an die grünen Fäden, welche unsre Tümpel und Teiche erfüllen, oder an die braunen Tange und roten Florideen des salzigen Meerwassers, und man fragt sich, wie es möglich sei, daß diese Pflanzen an die Bruchflächen von Steinblöcken, zumal jener auf den Schutthalden des Hochgebirges, kommen. Solche Algen sind es nun freilich nicht, welche an der Bildung der Flechten teilnehmen. Der Name Algen ist eigentlich nur ein Sammelname für alle chlorophyllführenden Lagerpflanzen; außer auf die eben erwähnten wird derselbe noch auf eine Menge andrer kleiner Organismen in Anwendung gebracht, namentlich auf zahlreiche Nostochineen, Scytonemeen, Palmellaceen, Chroolepideen, und gerade diese sind es, welche mit den Pilzzellen zusammentreffen und mit ihnen die Flechten bilden. Ihrer Kleinheit wegen entgehen sie leicht der Beobachtung und fallen überhaupt nur dann in die Augen, wenn sie in ungezählten Mengen die Borke der Bäume, Felswände, Steine und Erde überziehen. Sie bedürfen an diesen Stellen nur einer geringen Menge von Feuchtigkeit, und es ist für sie durchaus nicht nötig, daß sie wie andre Algen unter Wasser leben; es kommt vor,

daß sie ohne den geringsten Nachteil austrocknen, so daß sie auf der Unterlage, die ihnen zur ersten Entwickelung diente, als pulverige Überzüge erscheinen, und in diesem Zustande können sie bei ihrem außerordentlich geringen Gewichte schon durch mäßig bewegte Luft abgehoben, fortgetragen und über Berg und Thal verbreitet werden.

Daß aber diese Verbreitung nicht nur eine hypothetische, sondern eine thatsächliche ist, konnte leicht durch folgenden in einem Tiroler Gebirgsthale ausgeführten Versuch nachgewiesen werden. Eine mit feucht gehaltenem weißen Filtrierpapiere überzogene Tafel wurde mit ihrer Fläche dem Südwinde ausgesetzt; schon nach wenigen Stunden hafteten an dem Papiere zahlreiche staubartige Partikelchen, und unter diesen befanden sich neben organischen Splittern der verschiedensten Art, neben Pollenzellen und Sporen von allen möglichen Moosen und Pilzen regelmäßig auch Zellgruppen von Nostochineen und andern oben erwähnten Algen. So wie aber alle diese Gebilde in den kleinen Vertiefungen der Papierfläche abgesetzt wurden, ebenso bleiben sie in den kleinen Rinnen, Grübchen und Spalten der Steinoberfläche, der



Strauch- und Laubflechten: 1. Stereocaulon ramulosum mit Scytonema; 650mal vergrößert. — 2. Cladonia furcata mit Protococcus; 950mal vergrößert. — 3. Coccocarpia molybdaea; Querschnitt, 650mal vergrößert. (Nach Bornet.) Vgl. Text, S. 225 und 227.

Borke und des alten Holzwerkes haften und können hier, sobald ihnen die nötige Wassermenge zugeführt wird, auch zur weitern Entwickelung gelangen. Treffen nun an solchen Stellen die kleinen Zellgruppen der Algen mit den Hyphenfäden des andern Partners zusammen, so werden sie von diesen umstrickt, umklammert und verflochten, wie es die obenstehenden Abbildungen darstellen, und es entsteht auf diese Weise jene Genossenschaft, welche man als Flechte bezeichnet. Der eine der Genossen, dem das Chlorophyll abgeht, nimmt die Nahrung von außen auf, ist, wie schon früher gezeigt wurde, insbesondere auch befähigt, dunstförmiges Wasser zu kondensieren, hat auch die Fähigkeit, durch ausgeschiedene Stoffe die feste Unterlage teilweise in Lösung zu bringen, vermittelt das Anhaften an der Unterlage und bestimmt in der Mehrzahl der Fälle auch die Form und das Kolorit des ganzen Flechtenkörpers; der zweite Genosse, dessen Zellen Chlorophyll enthalten, übernimmt die Arbeit, aus den ihm zugeführten Stoffen unter Einfluß des Sonnenlichtes organische Substanz zu erzeugen, vermehrt mittels dieser seine Zellenzahl, wächst und vergrößert sich, gibt aber auch dem Genossen so viel ab, wie nötig ist, damit dieser im Wachstume gleichen Schritt halten kann.

Die Zahl der in die Genossenschaft eingehenden Algen ist jedenfalls bei weitem geringer als jene der Pilze, und es muß angenommen werden, daß eine und dieselbe Algenart sich mit den Hyphen verschiedener Flechtenpilze verbindet. Wie außerordentlich mannigfaltig übrigens das Zusammenfinden der zweierlei Genossen auf sehr beschränktem Raume

sein kann, geht schon aus dem Umstande hervor, daß auf einem handgroßen Flecke eines Felsens nicht selten ein halbes Dutzend Anflüge verschiedener Flechtenarten unter- und nebeneinander auftauchen. Ob sie alle zur gleich kräftigen Entwickelung kommen, oder ob nicht vielleicht einzelne unterdrückt und von andern überwuchert werden, hängt von verschiedenen äußern Verhältnissen, von der chemischen Zusammensetzung der Unterlage und namentlich von den Feuchtigkeits- und Beleuchtungsverhältnissen des betreffenden Standortes, ab. Gerade in dieser Beziehung sind die Flechten sehr empfindlich, und man sieht oft an einem und demselben Felsen an den verschiedenen Seiten eine ganz abweichende Flechtenvegetation ausgebildet. Sehr lehrreich und besichtigungswert ist in dieser Beziehung eine Marmorsäule in der Nähe des berühmten Schlosses Ambras in Tirol. Diese Säule, welche wohl schon über zwei Jahrhunderte an ihrem Platze steht und zu allen Zeiten dem Winde und Wetter ausgesetzt war, ist achtseitig. An allen acht Seiten haben sich Flechten angesiedelt und zwar so reichlich, daß der Stein auf handgroße Strecken ganz bedeckt ist. Manche dieser Flechten sind nur kümmerlich ausgebildet und mit Sicherheit nicht zu bestimmen; im ganzen dürften aber an dieser Säule über ein Dutzend verschiedener Arten vorkommen, für welche die Keime nur durch Winde herbeigebracht sein konnten. Diese Arten sind aber nichts weniger als gleichmäßig verteilt; einige sind auf dieser, andre auf jener Seite vorherrschend, und einzelne sind ausschließlich nur auf eine der acht Seiten beschränkt. Von drei Amphiloma-Arten ist Amphiloma elegans auf die dem Südwest ausgesetzte wärmste Seite beschränkt, Amphiloma murorum ist an der Südseite und zwar am obern Teile der Säule und Amphiloma decipiens an der Südseite, aber nur nahe der Erde zu sehen; an der Nordostseite herrscht Endocarpon miniatum und an der Nordwestseite Calopisma citrinum und eine Lecidea vor.

Wie viele Tausende von Sporen und Algenzellen mußten durch die Winde an diese Säule angeweht worden sein, damit alle diese Kombinationen entstehen konnten, und welche komplizierten Vorgänge mußten vorausgehen, bis die Auslese der für die verschiedenen Weltgegenden am besten geeigneten Flechten an dieser kleinen Marmorsäule erfolgte. Übrigens muß hier noch erwähnt werden, daß nicht alle Flechten, welche an einer Steinwand, einer Baumborke und dergleichen auftauchen, erst auf dieser Unterlage durch das Zusammentreffen von Algen und Pilzen entstanden sind, und daß es noch eine zweite Art der Verbreitung der Flechten gibt, die darin besteht, daß schon fertige Genossenschaften durch Vermittelung von Luftströmungen an Stellen angesiedelt werden, welche oft weitab von jenen Punkten liegen, wo die erste Verbindung von Alge und Pilz stattgefunden hatte. Der Vorgang ist folgender. Innerhalb eines ausgewachsenen, alten, größern Flechtenkörpers scheiden sich einzelne Zellgruppen von den andern ab; jede derselben besteht aus einer oder aus mehreren grünen Algenzellen, welche von Hyphen dicht umsponnen sind. Hat sich nun eine erkleckliche Zahl solcher Teilgenossenschaften ausgebildet, so bricht das Lager der mütterlichen Flechte auf, und die kleinen Teilgenossenschaften, welche man Soredien nennt, kommen an die Oberfläche. Ein einzelnes Soredium erscheint dem unbewaffneten Auge nur als ein helles Pünktchen, alle zusammengenommen stellen sich aber als eine pulverige oder mehlige Masse dar, welche dem alten mütterlichen Flechtenkörper locker aufliegt. Bei trocknem Wetter wird nun dieser mehlige Beschlag durch den Anprall des Windes leicht abgehoben und mit andern organischen Splittern fortgeweht. Gelangt dann ein solches Soredium in die Ritze eines Steinblockes oder sonst auf eine geeignete Unterlage, so entwickeln sich Alge und Hyphen desselben weiter, und es wächst das Gebilde zu einem größern Flechtenkörper heran, an dem sich der eben geschilderte Vorgang bald wiederholen kann. In flechtenreichen Gegenden findet man unter den Elementen des organischen Staubes regelmäßig solche Soredien und zwar gemengt mit Pilzsporen und Algenzellen, und es kommt daher

gewiß nicht selten vor, daß sich in derselben Steinritze knapp nebeneinander an der einen Stelle eine neue Flechte durch Begegnen und Verbinden von Algen- und Pilzzellen bildet und an der andern Stelle die ausgeschiedene Teilgenossenschaft einer alten Flechte weiter entwickelt.

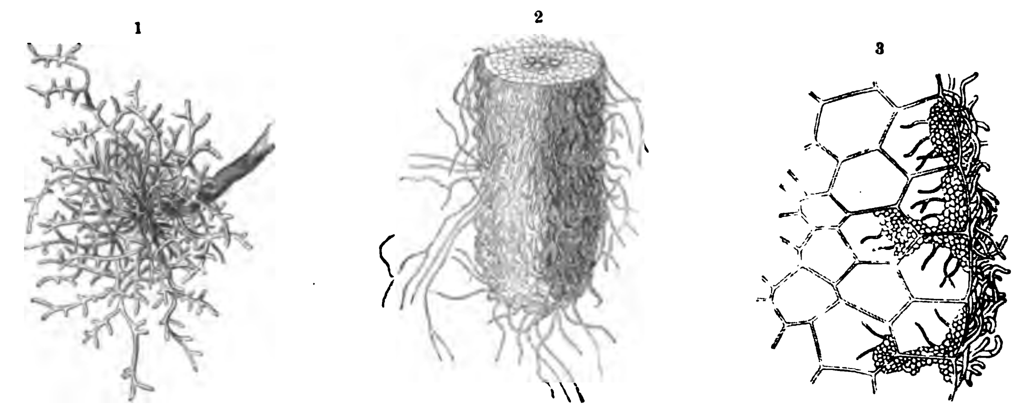
Den Flechten schließt sich eine Ernährungsgenossenschaft von Sporenpflanzen, die zusammen unter Wasser leben und die mit den systematischen Namen Mastichonema, Dasyactis, Euactis rc. belegt wurden, an. Auch hier erscheint als der eine Genosse eine chlorophyllführende Pflanze aus der Gruppe der Nostochineen, während sich als zweiter Genosse eine Leptothrix- oder Hypheothrix-Art hinzugesellt. Die grünen, perlenschnurförmig aneinander gereihten Zellen der Nostochineen werden von den chlorophylllosen, zarten, fadenförmigen Zellen der Leptothrix und Hypheothrix umsponnen und wie in einen Mantel eingehüllt, und es entstehen dann durch wiederholte Teilungsvorgänge ganze Kolonien von solchen bescheideten, grünen Zellfäden, welche sich dem freien Auge als kleine, weiche, am liebsten im Sprühregen der Wasserfälle am Kalktuffe haftende Räschen darstellen. In manchen Fällen liegen die chlorophylllosen Fäden der mäßig verdickten Zellhaut der grünen Alge auf, während sie in andern Fällen in die dicke Zellhaut eindringen, dieselbe durchspinnen und mit ihr zusammen die scheidige Umhüllung bilden.

Ernährungsgenossenschaft grün belaubter Blütenpflanzen und chlorophyllfreier Pilzmycelien. — Fichtenspargel.

Eine weitere Ernährungsgenossenschaft beobachtet man zwischen gewissen Blütenpflanzen und dem Mycelium von Pilzen. Die Arbeitsteilung besteht darin, daß das Pilzmycelium die grün belaubte Blütenpflanze mit Wasser und Nährstoffen aus dem Boden versorgt, während es dafür von seinem Genossen jene organischen Verbindungen erhält, die in den grünen Blättern erzeugt wurden.

Die Vereinigung beider Genossen erfolgt immer unter der Erde und zwar in der Weise, daß die Saugwurzeln der Blütenpflanze von den Fäden eines Myceliums umsponnen werden. Die erste aus den keimenden Samen hervorsprießende und sich in die Dammerde senkende Wurzel der in die Verbindung eingehenden Blütenpflanze ist noch frei von Hyphenfäden, aber schon die Seitenwurzeln und noch mehr die weitern Verzweigungen werden von den in der Dammerde schon vorhandenen oder dort aus Sporenkeimen hervorgehenden Mycelfäden umstrickt. Von da an bleibt dann die Verbindung bis zum Tode beider hergestellt. In dem Maße, als die Wurzel weiterwächst, wächst auch das Mycelium mit ihr und begleitet sie wie ihr Schatten nach allen Seiten, in gerader Richtung oder schief abwärts, horizontal und, wenn es sein muß und die Wurzel allenfalls durch einen Felsen abgelenkt wird, auch wieder aufwärts. Die letzten Wurzelverzweigungen hundertjähriger Bäume und die Saugwurzeln einjähriger Sämlinge sind in gleicher Weise von den Mycelfäden umsponnen. Immer sind diese Mycelfäden oder Hyphen wellenförmig hin- und hergebogen, vielfach verschlungen und bilden auf diese Weise ein filzartiges Gewebe, welches im Querschnitte einem Parenchym täuschend ähnlich sieht. Der Farbe nach erscheinen die Zellfäden meistens braun, mitunter fast schwarz, nur selten farblos. An manchen Wurzeln ist die Oberhaut wie von einem Spinngewebe überzogen und es bilden die Hyphenfäden Bündel und Stränge, die sich mannigfaltig verstricken und Maschen zwischen sich offen lassen, durch welche man die Wurzel hindurchsieht; in andern Fällen hingegen ist eine zwar gleichmäßig gewobene, aber sehr dünne Schicht um die Wurzel gezogen, und wieder in andern Fällen bildet der Pilzmantel eine dicke Schicht, von welcher die ganze Wurzel gleichmäßig umhüllt wird (s. Abbildung, S. 230). Stellenweise drängen sich die Hyphen auch in die Wände

der Oberhautzellen ein, und es erscheinen diese mit einem ungemein feinen, engmaschigen Mycelnetze durchwuchert (s. untenstehende Abbildung, Fig. 3). Nach außen zu ist der Mycelmantel entweder ziemlich glatt und grenzt sich deutlich von der Umgebung ab, oder aber es gehen von ihm einzelne Hyphen und Hyphenbündel aus, welche die Erde durchziehen. Wenn diese abzweigenden Hyphen ziemlich gleich lang sind, machen sie fast den Eindruck von Wurzelhaaren. Sie machen übrigens nicht nur den Eindruck, sondern sie übernehmen auch die Rolle von Wurzelhaaren. Die Oberhautzellen der Wurzel, welche sonst als Saugzellen fungieren, können eingeschlossen in dem Mycelmantel diese Thätigkeit nicht entfalten und haben das Geschäft des Aufsaugens von Flüssigkeit aus dem Erdboden an den Mycelmantel abgetreten. Dieser wirkt auch unzweifelhaft als Saugapparat für den Genossen, an dessen Wurzeln er sich angelegt hat, und das Bodenwasser sowie alle in diesem Wasser gelösten mineralischen Salze und andern Verbindungen gelangen durch Vermittelung des Mycelmantels aus dem umgebenden Erdreiche in die Oberhautzellen der betreffenden Wurzel und von da weiterhin bis hinauf in die Stämme, Zweige und Laubblätter.



1. Silberpappelwurzeln mit Mycelmantel. — 2. Spitze einer Buchenwurzel mit dicht anschließendem Mycelmantel; 100mal vergrößert. (Nach Frank.) — 3. Durchschnitt durch ein Wurzelstück der Silberpappel; das Mycelium in die äußersten Zellen eingedrungen; 480mal vergrößert. Vgl. Text, S. 229 und 230.

So bringt demnach das Pilzmycelium jener grün belaubten Pflanze, mit deren Wurzel es sich verbunden hat, nicht nur keinen Nachteil, sondern einen entschiedenen Vorteil, und es ist sogar fraglich, ob manche grün belaubte Pflanzen ohne Mithilfe der Mycelien überhaupt gedeihen könnten. Die Erfahrungen, welche man bei der Kultur jener Bäume, Sträucher und Kräuter, deren Wurzeln einen Mycelmantel zeigen, gewonnen hat, sprechen wenigstens nicht dafür. Jedem Gärtner ist es bekannt, daß es nicht gelingt, die Wintergrünarten, die Rauschbeere, Ginster, Heidekraut, Preißel- und Heidelbeeren, Alpenrosen, Seidelbast, ja auch die Weißtannen und Rotbuchen in gewöhnlicher Gartenerde erfolgreich heranzuziehen. Man wählt darum bekanntlich zur Kultur der Erica-, Daphne- und Rhododendron-Arten Heide- oder Dammerde aus der obersten Schicht des Waldbodens. Aber auch nicht jede Heide- oder Walderde ist zu verwenden. Wenn solche Erde längere Zeit ganz ausgetrocknet war, ist sie zu solchen Kulturen nicht mehr zu gebrauchen. Anderseits ist es bekannt, daß man die eben genannten Pflanzen aus dem Walde mit ihren Ballen, d. h. mitsamt dem Erdreiche, welches zwischen den Wurzeln haftet, verpflanzen soll, und es gilt auch die Regel, daß die Wurzeln dieser Pflanzen nicht entblößt und am allerwenigsten stark beschnitten werden dürfen. Warum das alles? Offenbar darum, weil frische Heideerde oder kürzlich im Waldgrunde gegrabene Dammerde die Mycelien noch lebend enthält, während sie in dem trocknen Humus bereits abgestorben sind, weil man mit dem

Erdballen, der an den Wurzeln hängt, die Wurzeln mitsamt den sie umspinnenden Mycelien in den Garten bringt, und weil man durch ein starkes Beschneiden der Wurzeln gerade jene letzten Verzweigungen entfernen würde, welche mit dem als Saugapparat fungierenden Mycelmantel versehen sind.

Daß die Versuche, Eichen, Buchen, Heidekraut, Alpenrosen, Wintergrün, Ginster, Seidelbast durch sogenannte Stecklinge zu vermehren, immer mißlingen, wenn man die abgeschnittenen, zur Vermehrung verwendeten Sprosse in reinen Sand setzt, ist in derselben Weise zu erklären. Linden, Rosen, Epheu, Nelken, deren Wurzeln keinen Mycelmantel besitzen, werden bekanntlich sehr leicht vermehrt, indem man abgeschnittene Zweige derselben in feuchten Sand steckt. An den in den Sand eingesenkten Teilen solcher Zweige entstehen alsbald Würzelchen, deren Saugzellen die Nahrungsaufnahme aus dem Boden besorgen. Wenn aber die in den Sand gesteckten Zweige der Eichen, der Alpenrosen, des Wintergrüns, der Rauschbeere und des Ginsters Würzelchen treiben, so ist doch ein Fortschritt in deren Entwickelung nicht zu bemerken, weil die oberflächlichen Zellen dieser Würzelchen ohne Verbindung mit einem Mycelium zur Nahrungsaufnahme nicht befähigt sind. Nur wenn man die Zweige dieser Gewächse in einen Sand steckt, der reichlich mit Humus gemengt ist und zwar mit einem eben erst dem Walde oder der Heide entnommenen Humus, der die Keime von Mycelien enthält, so gelingt es manchmal, einzelne Stecklinge zur weitern Entwickelung zu bringen. Häufig ist auch dann der Erfolg noch nicht sicher, und die Stecklinge mehrerer der genannten Pflanzen sterben auch im humusgemengten Sande früher ab, ehe sie Würzelchen ausbilden.

Da auch die Versuche, Keimlinge von Rotbuchen und Tannen in sogenannten Nährlösungen, wo von der Verbindung mit einem Mycelium keine Rede sein konnte, heranzuziehen, gezeigt haben, daß die Pflänzchen eine kurze Zeit kümmerlich vegetierten, endlich aber abstarben, so kann man wohl mit gutem Grunde annehmen, daß die Hülle aus Mycelfäden für die in Rede stehenden Blütenpflanzen unentbehrlich und daß nur im genossenschaftlichen Verbande beiden die Gewähr für ihr Fortkommen gegeben ist.

Mit Rücksicht auf analoge Verhältnisse steht zu erwarten, daß auch die Pilzmycelien aus den Blütenpflanzen, deren Wurzeln sie überkleiden, und welchen sie die Dienste von Saugzellen leisten, irgend einen Vorteil ziehen. Dieser Vorteil ist aber ohne Frage derselbe, welchen die Hyphenfäden des Flechtenkörpers von den umsponnenen grünen Zellen haben; die Mycelmäntel beziehen aus den Wurzeln der Blütenpflanzen jene organischen Verbindungen, welche durch die grünen Blätter oberirdisch im Sonnenlichte erzeugt worden sind und welche von dort zu allen wachsenden Teilen, namentlich auch nach abwärts zu den wachsenden und sich verlängernden Wurzelenden, geleitet werden. Hiernach besteht also die Teilung der Arbeit zwischen den Ernährungsgenossen darin, daß das Pilzmycelium der grün belaubten Pflanze Stoffe aus dem Boden, die grün belaubte Pflanze aber dem Mycelium Stoffe, die oberirdisch im Sonnenlichte bereitet wurden, zuführt.

Der Kreis der Arten, welche in dem hier geschilderten genossenschaftlichen Verbande leben, ist jedenfalls ein sehr großer. Sämtliche Pirolaceen, Vaccineen und Arbuteen, die meisten, wenn nicht alle Erikaceen, Rhododendreen und Daphnoideen, Empetrum-, Epacris- und Genista-Arten, eine große Zahl von Nadelhölzern und, wie es scheint, sämtliche Becherfrüchtler (Kupuliferen) sowie mehrere Weiden und Pappeln sind bei ihrer Ernährung auf die Mithilfe der Mycelien angewiesen. Auch scheint dieses Verhältnis sich in allen Zonen und Regionen zu wiederholen. Die Wurzeln des Erdbeerbaumes am Strande des Mittelmeeres sind gerade so wie die Wurzeln der dem Boden aufliegenden Rauschbeere in den Hochalpen mit dem Mycelmantel ausgestattet.

Eine besondere Bedeutung gewinnt diese Ernährungsgenossenschaft auch noch dadurch, daß unter den beteiligten Blütenpflanzen solche Arten vorwaltend sind, welche, in Beständen wachsend, ganze Strecken überdecken, endlose Heiden und unermeßliche Wälder zusammensetzen, wie namentlich Heidekräuter, Eichen, Buchen, Tannen und Pappeln. Welch merkwürdiges Leben unter der Erde, allerorten, auf der weiten Heide, in den großen Waldbeständen!

Es wird nun auch erklärlich, wie es kommt, daß gerade im Grunde der Wälder eine solche Fülle von Pilzen zu Hause ist. Gewiß bezieht ein Teil dieser Pilze des Waldbodens seine Nahrung ausschließlich nur aus den aufgespeicherten abgestorbenen Pflanzenteilen, aber ebenso gewiß steht ein andrer Teil mit den lebenden Wurzeln der grün belaubten Pflanzen in genossenschaftlichem Verbande. Freilich können wir bis heute noch nicht mit Bestimmtheit angeben, welche Arten von Pilzen es sind, deren Mycelien mit den Heidel- und Preißelbeeren, dem Ginster und Heidekraute, den Buchen und Tannen in Verbindung treten, und ob überhaupt eine bestimmte Wahlverwandtschaft zwischen bestimmten Pilzen und bestimmten grün belaubten Pflanzen besteht. In einigen Fällen hat eine solche Annahme viel für sich, anderseits aber ist wieder sehr unwahrscheinlich, daß auf einer beschränkten Stelle im Grunde eines Tannenwaldes, wo die Erde auf dem Raume von wenigen Quadratmetern von Wurzeln der Tannen, des Seidelbastes, der Heidel- und Preißelbeeren, des Heidekrautes und der Wintergrünarten so durchwuchert ist, daß man Mühe hat, sie zu sondern und zu entwirren, jede dieser Blütenpflanzen einen andern Gesellschafter aus dem großen Heere der Pilze des Waldgrundes haben sollte. Es scheint in solchen Fällen gerechtfertigt, anzunehmen, daß das Mycelium einer und derselben Pilzart zugleich mit allen diesen unter- und nebeneinander wachsenden Pflanzen in Verbindung tritt, so wie es auch sehr wahrscheinlich ist, daß je nach dem Standorte die Mycelien verschiedener Pilzarten einer und derselben Blütenpflanze die Dienste von Saugapparaten leisten. Für das letztere spricht namentlich der Umstand, daß einige Arten aus fernen Gegenden, welche regelmäßig einen Mycelmantel an ihren Wurzelenden zeigen, wenn sie in unsern Gärten und Gewächshäusern aus Samen gezogen werden, sich daselbst mit Pilzmycelien verbinden, welche dort, wo die betreffenden Blütenpflanzen wildwachsend vorkommen, zuversichtlich fehlen. So findet man z. B. die Wurzeln des japanischen Baumes Sophora Japonica sowie auch die Wurzeln der neuholländischen Epakrideen in den europäischen Gärten in genossenschaftlichem Verbande mit bei uns einheimischen Pilzen, welche in Japan, beziehentlich in Neuholland gewiß nicht vorkommen, und es ist daher kaum zu bezweifeln, daß z. B. die Sophora Japonica in verschiedenen Gegenden auch mit verschiedenen Pilzen in Verbindung tritt.

Erst jetzt, nachdem die Ernährungsgenossenschaft der chlorophyllosen Pilze und grün belaubten Blütenpflanzen besprochen wurde, kann auch jener merkwürdigste aller Fälle der Nahrungsaufnahme behandelt werden, in welchem die unterirdischen Wurzeln einer Blütenpflanze vollständig von einem Mycelmantel eingehüllt werden, wo aber die oberirdisch hervorsprießenden Teile dieser Blütenpflanze keine grünen Blätter tragen und überhaupt keine Spur von Chlorophyll besitzen. So verhält es sich nämlich mit dem Fichtenspargel (Monotropa), dessen Arten, im Baue der Blüten und Früchte mit den Primeln und Wintergrünarten zunächst verwandt, in schattigen Wäldern allenthalben verbreitet angetroffen werden. Die 10—20 cm hohen Stengel desselben, welche sich im Sommer aus der Dammerde des Waldgrundes emporschieben, sind dick, fleischig, saftreich, mit häutigen, durchscheinenden Schuppen reichlich besetzt, das Ende derselben hakenförmig zurückgebogen. Halb verdeckt von den Schuppen, entwickeln sich an dem Ende des Stengels die cylinderförmigen Blüten, welche mit ihrer Mündung gegen den Boden gerichtet sind. Alles an dieser Pflanze (Stengel, Blattschuppen und Blüten) ist von blasser, wachsgelber Farbe, und der allgemeine Eindruck, den sie hervorbringt, stimmt weit mehr mit dem der Schuppenwurz oder einer der bleichen

Waldorchideen als mit einer Primel- oder Wintergrünart überein. Gegen den Herbst zu, wenn aus den Blüten reife Früchte hervorgegangen sind, streckt sich das bisher herabgebogene Stengelende gerade in die Höhe, der ganze oberirdische Teil der Pflanze bräunt sich, vertrocknet, und aus den kugeligen Früchten streut der Wind bei jeder noch so leisen Erschütterung viele Tausende winziger, staubfeiner Samen heraus, welche gleich den Wintergrünsamen nur aus wenigen Zellen bestehen und keine Spur eines Embryos erkennen lassen. Unterirdisch aber leben die Stöcke, von welchen sich im Sommer die bleichen Stengel in kleinen Gruppen und Horsten emporgehoben hatten, über Winter fort, und es bilden sich dort an denselben auch viele neue Knospen aus. Gräbt man der überwinternden Pflanze nach, und hebt man die sie bedeckende Dammerde ab, so findet man in der Tiefe von 10 bis 40 cm korallenstockartige Massen, welche aus dicht zusammengedrängten, vielfach verzweigten Wurzeln bestehen. Alle Wurzelverzweigungen sind kurz, dick, fleischig und brüchig, kreuzen und verqueren sich und bilden zusammengenommen meist rasenförmig geballte Körper, die nicht selten mit den Wurzelästen von Fichten, Tannen und Buchen verwebt und in allen Zwischenräumen mit Dammerde erfüllt sind. Jedes Wurzelästchen ist bis zur fortwachsenden Wurzelspitze mit einem dicken Mycelmantel umgeben. Die Hyphenfäden dieses Myceliums dringen nicht in das Gewebe der Monotropa-Wurzel ein und senken auch keine Haustorien in die oberflächlichen Zellen dieser Wurzeln. Die Hyphenfäden und die Oberhautzellen der Wurzel schließen aber so dicht und so ununterbrochen aneinander, daß am Durchschnitte eine vollständig geschlossene Gewebemasse erscheint.

Monotropa kann demnach unterirdisch ihre Nahrung nur aus dem Hyphengeflechte des Mycelmantels entnehmen. Da sie ganz chlorophyllos ist, und da ihre oberirdischen Stengel und Blätter keine Spur von Spaltöffnungen zeigen, so ist geradezu ausgeschlossen, daß sie organische Stoffe erzeugt, und daß sie überhaupt mit Hilfe ihrer oberirdischen Teile an Substanz gewinnt. Alle Stoffe, aus welchen sie sich aufbaut, erhält sie demnach aus dem Mycelium des Pilzes, während sie umgekehrt an dieses Mycelium nichts abzugeben im stande ist, was sie nicht früher von diesem erhalten hätte. Wenn das Mycelium nachträglich aus der lebenden oder verwesenden Monotropa irgend welche Stoffe bezieht, so sind diese nur zurückgenommen und nicht im Tausche erhalten. Es kann daher hier von einer wechselseitigen Ergänzung des Ernährungsvorganges, von einer Teilung der Arbeit, von einer Ernährungsgenossenschaft keine Rede sein. Die Monotropa wächst und nimmt an Umfang zu nur auf Kosten des Myceliums, in welches sie eingebettet ist, und es liegt demnach hier der merkwürdige Fall vor, daß eine Blütenpflanze in dem Mycelium eines Pilzes schmarotzt. Die Erfahrung zeigt so häufig den umgekehrten Vorgang, daß wir uns mit der Vorstellung einer das Mycelium eines Pilzes aussaugenden Blütenpflanze nicht recht vertraut machen können; dennoch ist hier kaum eine andre Deutung möglich, denn alle die andern Angaben, wonach Monotropa mit Baumwurzeln sich in Verbindung setzen soll, oder daß sie in den ersten Entwickelungsstufen ein Schmarotzer sei, sich aber später von ihrer Wirtpflanze ablöse und zu einer Verwesungspflanze werde, beruhen auf ungenauen Beobachtungen und sind längst widerlegt worden. Als Schmarotzerpflanze hätte Monotropa schon bei früherer Gelegenheit behandelt werden sollen; nicht ohne Absicht wurde aber die Besprechung derselben dieser Stelle vorbehalten, weil ihre Ernährungsweise ohne vorhergehende Kenntnis der merkwürdigen Verbindung von Pilzmycelien mit den Wurzeln grün belaubter Blütenpflanzen nur schwierig hätte dargestellt und erklärt werden können.

Pflanzen und Tiere, eine große Ernährungsgenossenschaft.

Wenn wir, nochmals auf die früher behandelten Ernährungsgenossenschaften zurückblickend, der Bedeutung derselben nachfragen, so ergibt sich als solche eine Ergänzung der Thätigkeit chlorophyllführender und chlorophyllloser Pflanzen. Dieses Wechselspiel ist aber im Grunde nur ein Abbild der in der organischen Welt im großen sich vollziehenden Ergänzung von Pflanzen- und Tierreich. Die chlorophylllosen Gesellschafter, als welche immer die Pilze auftreten, spielen in den Genossenschaften eigentlich dieselbe Rolle, welche im großen Haushalte der Natur den Tieren zukommt, womit im Einklange steht, daß die Pilze auch sonst noch so manche Ähnlichkeiten mit den Tieren zeigen, und daß man sich in manchen Fällen vergeblich nach einer Scheidelinie umsieht, durch welche Pilze und Tiere auseinander gehalten werden könnten. Da darf es wohl auch nicht überraschen, wenn Fälle zur Beobachtung kommen, wo an Stelle eines Pilzes als des einen Gesellschafters ein ganz zweifelloses Tier in die Genossenschaft eintritt. An einigen Radiolarien findet man kleine, gelbliche Punkte, die man früher für Pigmentzellen hielt, die sich aber als kleine Algen herausstellten, deren Zellen mit echtem Chlorophyll ausgestattet sind. Ähnlich verhält es sich bei dem Süßwasserpolypen Hydra und den meerbewohnenden Seeanemonen. Auch mit diesen finden sich kleine Algen in genossenschaftlichem Verbande, Zellen mit einer aus Zellstoff gebildeten Haut und mit Chlorophyll und Stärkekörnern im Zellenleibe. Diese Algen bringen den Tieren, mit welchen sie sich verbunden haben, keinerlei Nachteil, wohl aber einen Vorteil, und dieser besteht darin, daß die grünen Teile unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen die Kohlensäure spalten und dabei Sauerstoff ausscheiden, welcher wieder unmittelbar von den Tieren aufgenommen werden und bei der Respiration und all den damit zusammenhängenden Prozessen Verwendung finden kann. Umgekehrt wird die mit dem Tierleibe verbundene Alge aus diesem insofern wieder einen Vorteil ziehen, als sie aus ihm die bei der Respiration abgegebene Kohlensäure aus erster Hand erhält. Die kleinen mit dem Tiere verbundenen Algen sind also auf keinen Fall als Schmarotzer aufzufassen, auch die Tiere können wohl nicht als Parasiten der Algen angesehen werden, und es liegt demnach hier eine ganz ähnliche wechselseitige Unterstützung, ein ganz ähnliches zum Vorteile beider Parteien dienendes Bündnis vor, wie es an den Flechten und den andern früher besprochenen Fällen beobachtet wird.

An mehreren Lebermoosen, welche als Überpflanzen auf Baumborke leben, sieht man an der untern Seite der zweizeilig vom Stengel ausgehenden und der Borke glatt angedrückten Blättchen öhrchenförmige Bildungen, welche bei den Arten der Gattung Frulania förmliche Kappen darstellen. Wenn der an den Baumstämmen herabrieselnde die Borke abwaschende Regen diese Lebermoose netzt, so füllen sich die erwähnten Kappen mit dem Waschwasser, und es hält sich dasselbe auch am längsten in diesen versteckten Hohlräumen, wenn nachträglich eine Trockenperiode folgt, in der das Lebermoos wieder austrocknet. Diese Kappen bilden nun die Behausung kleiner Rädertiere (Callidina symbiotica und Leitgebii), welche von dem mit dem Wasser zugeführten organischen Staube (s. S. 108) leben. Dafür aber, daß den Rädertierchen in den kappenförmigen Aushöhlungen der Blätter eine ruhige Heimstätte geboten wird, versorgen sie die genannten Lebermoose mit stickstoffhaltiger Nahrung. Als solche haben nämlich die Exkremente der Rädertierchen zu gelten, welche in den Grund der Kappen ausgeschieden werden. Ohne Vermittelung der Rädertierchen könnten die im Schwammwasser enthaltenen lebenden Organismen (Infusorien, Nostochineen, Sporen) von den Lebermoosen als Nahrung nicht verwertet werden, während der flüssige Dünger, welcher von den im Leibe der Rädertierchen verdauten Infusorien, Nostochineen und Sporen herrührt, stickstoffreiche Verbindungen enthält, welche für die genannten Lebermoose wie

für alle auf der Baumborke lebenden Überpflanzen von großem Werte sind (s. S. 222 und 223). Daß sich die gesellig lebenden Lebermoose und Rädertierchen auch insofern einen gegenseitigen Vorteil bringen, als der von den Lebermoosen ausgeschiedene Sauerstoff den Rädertierchen und die von den Rädertierchen ausgeschiedene Kohlensäure dem grünen Lebermoose auf kürzestem Wege zukommt, ist selbstverständlich.

Diese Genossenschaften erinnern aber wieder an andre analoge Beziehungen von Tieren und Pflanzen, auf welche, wenn sie auch später erst eingehender behandelt werden können, doch schon hier hinzuweisen ist. Eine große Zahl von Blütenpflanzen scheidet in den Blumen Honig aus und bietet denselben fliegenden Insekten an, welche sich reichlich einstellen und dafür den besuchten Pflanzen den Gegendienst erweisen, daß sie den Blütenstaub oder Pollen von Blume zu Blume übertragen und so die Bildung von Früchten und keimfähigen Samen möglich machen. Gewisse kleine Schmetterlinge (Motten), welche die Blüten der Yucca besuchen, bringen den Blütenstaub zu den Narben und stopfen ihn in die Narbenhöhle, damit aus den Fruchtanlagen reife Früchte und Samen werden, was für diese Motten eine wahre Lebensfrage ist. Die Motten legen nämlich in den Fruchtknoten der Yucca ihre Eier, aus den Eiern gehen Larven hervor, und diese leben ausschließlich von den Samen dieser Pflanze. Würde die Yucca nicht befruchtet werden und keine Früchte ausbilden, so müßten die Larven Hungers sterben. Ähnlich verhält es sich noch in so manchen andern Fällen, wo sowohl das Tier als die Pflanze einen Vorteil hat. Bei der Bildung der Gallen dagegen, welche dadurch entstehen, daß Tiere ihre Eier in gewisse Pflanzenteile legen, ist der Vorteil (mit wenigen Ausnahmen) nur auf seiten der Tiere, und man könnte diese Gallenbildungen auch am ehesten den Schmarotzern an die Seite stellen.

Aus alledem geht aber hervor, daß die gegenseitigen, durch die Nahrungsgewinnung veranlaßten Beziehungen der Pflanzen sowohl untereinander als auch zu den Tieren ungemein mannigfaltig und oft in der seltsamsten Weise verkettet, verschlungen und verschoben sind. Es kommt vor, daß eine bestimmte Pflanze mit andern in genossenschaftlichem Verhältnisse steht, gleichzeitig aber auch von pflanzlichen und tierischen Schmarotzern besetzt ist. Die Saugwurzeln der Schwarzpappel sind mit einem dichten Mycelmantel überzogen, und es ist daher dieser Baum ein Ernährungsgenosse des betreffenden Pilzes. Den Schwarzpappel-Wurzeln heftet an den vom Mycelium freigelassenen Stellen die Schuppenwurz ihre Saugwarzen an und entnimmt diesen Wurzeln die durch Vermittelung des Mycelmantels aus der Erde gesaugten Säfte. In den Blatthöhlen der Schuppenwurz aber werden verschiedene kleine Tiere gefangen und als stickstoffhaltige Nahrung verwendet. An den Ästen des Pappelbaumes wird durch die Misteldrossel die Mistel angesiedelt. Die Misteldrossel nimmt die Beeren der Mistel als Nahrung und erweist dafür dieser Pflanze den Dienst, die Samen zu verbreiten und sie auf andern Bäumen anzusiedeln. Die schmarotzende Mistel entnimmt dem Holze des Pappelbaumes ihre flüssige Nahrung, aber ihre Stämme sind wieder mit Flechten besetzt, und diese Flechten sind eine Ernährungsgenossenschaft von Algen und Pilzen. Im Holze der Pappelstämme verbreitet sich wieder das Mycelium von Hutpilzen (Panus conchatus und Polyporus populinus), und die Laubblätter sind besetzt mit dem kleinen, orangefarbigen Pilze Melampsora populina. Überdies leben an den Pappelzweigen und Pappelblättern nicht weniger als drei gallenerzeugende Pemphigus-Arten, und es nähren sich an ihnen mehrere Käfer und Schmetterlinge. An der Borke alter Stämme siedeln sich regelmäßig gewisse Flechten, Moose und Lebermoose und zwar unter den letztern auch die oben erwähnten mit Rädertierchen besetzten Arten an. Zählt man alle Pflanzen und Tiere, welche von, auf, in und mit einem Pappelbaume leben, so stellt sich die Zahl von nahezu einem halben Hundert Arten heraus!

---

7. Veränderungen des Bodens durch den Einfluß der sich ernährenden Pflanzen.

Inhalt: Lösung, Verschiebung und Anhäufung bestimmter mineralischer Bestandteile des Bodens durch Vermittelung lebender Pflanzen. — Aufspeicherung und Zersetzung abgestorbener Pflanzen. — Mechanische Veränderungen des Bodens, welche durch Pflanzen veranlaßt werden.

Lösung, Verschiebung und Anhäufung bestimmter mineralischer Bestandteile des Bodens durch Vermittelung lebender Pflanzen.

Im vorhergehenden Abschnitte wurde einer alten Marmorsäule gedacht, an deren Flächen sich im Laufe der Jahrhunderte mehr als ein Dutzend verschiedener Flechten angesiedelt haben. Ich führe den Leser nochmals zu diesem unscheinbaren Denkmale im Innthale in Tirol, um an demselben die Veränderungen zu demonstrieren, welche das Gestein durch die sich anheftenden und einnistenden Pflanzen erfährt. Als selbstverständlich kann vorausgesetzt werden, daß vor 200 Jahren, als die Marmorsäule aufgerichtet wurde, ihre acht Seiten ganz glatt poliert waren und vollständig ebene Flächen darstellten. Wie aber sieht dieselbe heute aus! Da ist alles rauh, uneben, stellenweise wie ausgenagt und ein Grübchen am andern. Man könnte daran denken, daß hier im Laufe der Zeit durch die anprallenden Regentropfen Vertiefungen entstanden seien, aber die nähere Betrachtung zeigt, daß davon hier keine Rede sein kann, daß die Unebenheiten vielmehr durch den Einfluß der angesiedelten Flechten hervorgebracht wurden. Besonders an den nach Süden und Südwesten sehenden beiden Seiten der Säule bemerkt man deutlich, wie jedes Grübchen genau der Größe einer dort angesiedelten grauen Flechte entspricht, und man sieht, wie diese Flechte, weiterwachsend und sich strahlenförmig immer mehr ausbreitend, auch den berührten Marmor in immer weitern Kreisen ausnagt und anätzt. Der Ausdruck ätzen kann hier in des Wortes vollster Bedeutung genommen werden; denn zweifellos ist der Vorgang, dessen Resultat als Grübchenbildung sichtbar wird, zunächst veranlaßt durch die Kohlensäure, welche von den Hyphen der Flechte ausgeschieden, und durch welche der kohlensaure Kalk in doppeltkohlensauren Kalk umgewandelt wird. Dieser aber, im Wasser löslich, wird zum Teile von der Flechte als Nahrung aufgenommen, zum Teile durch Regenwasser entführt.

Neben dieser chemischen läuft auch eine mechanische Wirkung der Hyphenfäden her. Wo nur die kleinste Menge des kohlensauren Kalkes aufgelöst wurde, drängt sich sofort ein wachsender Hyphenfaden ein und führt eine förmliche Minierarbeit aus. Noch nicht gelöste vorragende Partikelchen des kohlensauren Kalkes werden durch Zug und Druck von der Hauptmasse abgetrennt, und man sieht an jenen Stellen, wo die Flechte im kräftigsten Wachstume begriffen ist, lose, winzige, rhomboedrische Bruchstücke des Kalkes, welche dann bei nächster Gelegenheit durch das Regenwasser weggespült oder als Staub durch die Winde entführt werden. Derselbe Vorgang, welcher an der Marmorsäule bei Ambras so deutlich verfolgt werden kann, vollzieht sich natürlich auch an jenen Kalksteinblöcken, die nicht behauen und poliert wurden, allerwärts, wo es überhaupt Flechten gibt; man beobachtet ihn auch auf allen andern Gesteinen, auf Dolomit, Feldspat, ja selbst auf reinem Quarzfelsen; denn auch Quarz vermag lange dauernder Einwirkung der Kohlensäure und den angegebenen mechanischen Einflüssen der wachsenden, gleich Hebeln wirkenden

Hyphenfäden nicht zu widerstehen. An einzelnen der mächtigen Eisenbänder der großen Kettenbrücke, welche sich bei Budapest über den Donaustrom spannt, kann man die Minierarbeit der Flechten sogar auf reinem Eisen beobachten. Daß in den letztern Fällen die durch Kohlensäure eingeleitete Zersetzung, beziehentlich Lösung entsprechend der Unterlage sich ändert, ist selbstverständlich; das Resultat bleibt aber immer das gleiche; immer findet ein Substanzverlust der Unterlage statt, und immer wird ein Teil der gelösten Stoffe von der angesiedelten Pflanze aufgenommen, ein andrer Teil aber in Lösung oder auch mechanisch durch Regen und Wind entführt.

Den Flechten ganz ähnlich wirken auch die Moose. Wenn man ein Räschen der Grimmia apocarpa von der Seitenwand eines Kalkblockes abhebt, so sieht man deutlich, daß in der Umgebung der Stelle, wo sämtliche Stämmchen des kleinen Moosrasens zusammentreffen, das unterliegende Gestein von den Rhizoiden ganz durchsponnen und mürbe gemacht ist; die Rhizoiden sind dort zwischen isolierten, staubfeinen Partikelchen des Kalkes eingebettet, welche durch chemische und mechanische Thätigkeit der genannten Organe von der massiven Unterlage abgetrennt wurden. Dort, wo die Grimmia abgestorben ist, sieht man dann an dem Kalkblocke immer einen deutlichen Substanzverlust, ein mehr oder weniger tiefes Grübchen mit unebenem, ausgenagtem Grunde.

Daß auch die Wurzeln von Blütenpflanzen das unterliegende Gestein in ähnlicher Weise verändern, ist durch folgenden Versuch nachgewiesen worden. Man bedeckte polierte Marmorplatten mit einer Schicht von Sand und brachte in diesem Sande Samen von Pflanzen zum Keimen. Die Wurzeln der Keimlinge, nach abwärts wachsend, trafen alsbald auf die Marmorplatte, beugten sich dort um und krochen, dem Steine dicht anliegend, fort. Nach kurzer Zeit waren jene Stellen der Marmorplatte, an die sich die Wurzeln angeschmiegt hatten, rauh und wie angeätzt; es hatte durch den Einfluß des sauren Saftes, welcher die Zellwandungen der Wurzelzellen tränkt, eine Lösung einzelner Partikelchen des kohlensauren Kalkes stattgefunden, was sich eben als eine derartige Rauhigkeit schon dem unbewaffneten Auge zu erkennen gibt.

Während so der Substanzverlust an der festen Unterlage der Pflanzen sofort schon durch den Augenschein ermittelt werden kann, entzieht sich der Entgang von Bestandteilen der Luft und des Wassers der unmittelbaren Beobachtung. Im Wasser und noch mehr im Luftmeere werden die Bestandteile, welche von den Pflanzen entnommen wurden, augenblicklich durch Nachschub aus der Umgebung ersetzt, und dort kommt es selbstverständlich nicht zu Lücken und Gruben wie an der Wand des Kalkfelsens.

Für die nachfolgenden Erörterungen ist es von Wichtigkeit, den Gedanken festzuhalten, daß durch den Ernährungsprozeß der Pflanzen gewisse Stoffe eine räumliche Verschiebung, eine Ansammlung und Häufung und eine Versetzung in den zeitweiligen Ruhestand erfahren. Bestandteile der festen Erdrinde werden nach aufwärts in das Gebiet der Atmosphäre übertragen und Bestandteile der Luft in die Bodentiefe eingeführt. Kalkerde, Kali, Kieselsäure, Eisen 2c. gelangen aus dem aufgeschlossenen Gesteine in oberirdische Regionen, in Stengel und Blätter, in die Spitzen der höchsten Bäume; Kohlenstoff und Stickstoff kommen aus den oberirdischen Sprossen, aus dem im Sonnenlichte ausgebreiteten Laube hinab in die tiefsten Schächte, welche sich die Wurzeln im Boden erbohrt haben. Würde man das Gebiet des Bodens umgrenzen, welches die Kalkerde, das Kali und die andern Nährsalze bei dem Aufbaue eines Birkenbaumes geliefert haben, so wäre der Umfang desselben zuverlässig vielmals größer als jener des Birkenbaumes, und wollte man gar erst den Luftraum bemessen, in welchem der im Birkenbaume zu organischen Verbindungen verbrauchte Kohlenstoff früher als Kohlendioxyd verteilt war, so würde sich herausstellen, daß derselbe das Volumen des

Birkenbaumes um das Tausendfache übertrifft. In diesem Sinne ist jede Pflanze mit Fug und Recht als ein Akkumulator für jene Stoffe anzusehen, welche ihr zur Nahrung dienen. Jede Pflanze häuft davon fort und fort in ihrem Leibe auf, solange sie lebt, und bei langlebigen Pflanzen kommt schließlich eine ganz erkleckliche Menge zusammen. Wenn das Leben eines solchen Akkumulators erloschen ist, so kann derjenige Teil der Stoffe, welcher der Atmosphäre entnommen worden war, wieder in die Atmosphäre zurückkehren; was aber an mineralischer Nahrung aus dem Boden geschöpft und in die obern, zumal in die oberirdischen Teile der Pflanze gehoben und dort auf engem Raume zusammengehäuft wurde, kehrt nicht mehr zur ursprünglichen Stelle zurück. Der abgestorbene Baum bricht bei dem nächstbesten Anlasse zusammen, der tote Strunk liegt auf dem Boden, er verwest; was von seiner Substanz in Gasform in die Atmosphäre übergehen kann, entweicht, die Nährsalze aber, welche in ihm zusammengehäuft sind, und die er während seines Lebens aus der Tiefe gehoben hat, bleiben den oberflächlichen Schichten des Bodens erhalten. Mag immerhin ein Teil derselben durch auslaugendes Regenwasser dem Strunke entführt werden, die oberflächlichen Schichten der Erde wirken wie ein Filter und lassen nichts davon in die untern Bodenschichten zurückkehren. Auch die Nährsalze, welche in das Laub der Pflanzen gelangen, kommen den oberflächlichsten Bodenschichten zu statten; denn das abgeworfene Laubwerk verhält sich nicht wesentlich anders als der Baumstrunk, welcher, vom Sturme gebrochen und auf den Boden niedergestreckt, in Verwesung übergeht.

Wo also nicht durch den Eingriff des Menschen die als Akkumulatoren wirksamen Pflanzenstöcke entfernt werden, wo man nicht die Halme des Getreides vom Felde, die abgemähten Gräser und Kräuter als Heu von der Wiese und das Holz der gefällten Bäume aus dem Forste entfernt, wo man mit einem Worte die Pflanzenwelt sich selbst überläßt und in den natürlichen Entwickelungsgang nicht störend eingreift, werden sich die aufgeschlossenen Nährsalze in den obersten Schichten der Erde anhäufen, und da, wie auf S. 65 nachgewiesen wurde, jeder Pflanze die Fähigkeit zukommt, die für sie wertvollen Stoffe auch dann zu gewinnen, wenn sie in der Umgebung ihrer Wurzeln in kaum wägbaren Spuren vorhanden sind, kann es dahin kommen, daß von einem Stoffe, der in dem unterliegenden Gesteine in kaum nachweisbarer Menge vorhanden ist, die obersten Bodenschichten verhältnismäßig ziemlich viel enthalten. Am Blöckenstein, einem 1383 m hohen Granitberge an der Grenze von Bayern und Oberösterreich, zeigte der Untergrund 2,7 und die oberste Bodenschicht 19,7 Prozent Kalk, auf dem nördlich davon gelegenen Berge Lusen der Untergrund 1,9, die oberste Bodenschicht 8,6 Prozent Kalk. Bedenkt man noch, daß in die oberflächliche Bodenschicht neuerdings andre Pflanzen ihre Wurzeln schlagen, welche wieder als Akkumulatoren wirken, erinnert man sich außerdem noch daran, daß Schnecken, zumal die vielen kleinen Klausilien und Helicinen, sich dort reichlich einstellen, wo kalkhaltige Pflanzennahrung zu finden ist, daß diese Schnecken auch wieder als Akkumulatoren des Kalkes aufgefaßt werden müssen, und daß die fast nur aus Kalk bestehenden Schneckengehäuse nach dem Tode der Tiere der obersten Bodenschicht erhalten bleiben, so wird es auch nicht überraschen, wenn auf einem Granitplateau eine Erdkrume gefunden wird, deren Gehalt an Kalk nicht viel geringer ist als jener, welchen die Erdkrume über thonreichen Kalkfelsen zeigt.

Noch viel auffallender als durch den Einfluß der Stein- und Erdpflanzen vollzieht sich die Verschiebung, beziehentlich Anhäufung von Kalk durch Vermittelung von Wasserpflanzen. Sowohl in den rieselnden Quellen der Gebirgsgegenden als auch in den stehenden Tümpeln des Flachlandes und nicht weniger in der Tiefe des Meeres finden sich Gewächse, welche einen Teil der benötigten Kohlensäure durch Zersetzung des im umspülenden Wasser gelösten doppeltkohlensauren Kalkes gewinnen. Der im Wasser unlösliche

anze
ur Nat
ange fe
e zusam
il der
zurück
bern,
e zusam
rbene
n Boden
n kann,
hrend
Boden
em
und
elche
tten;
k, we
rgeht.
wirk
Felde,
geh
sich
en sich
fen,
, die
n ein
nge
rhal
nd
alk,
eri
gs
ert
elic
chn
jan
nt
ne
ben

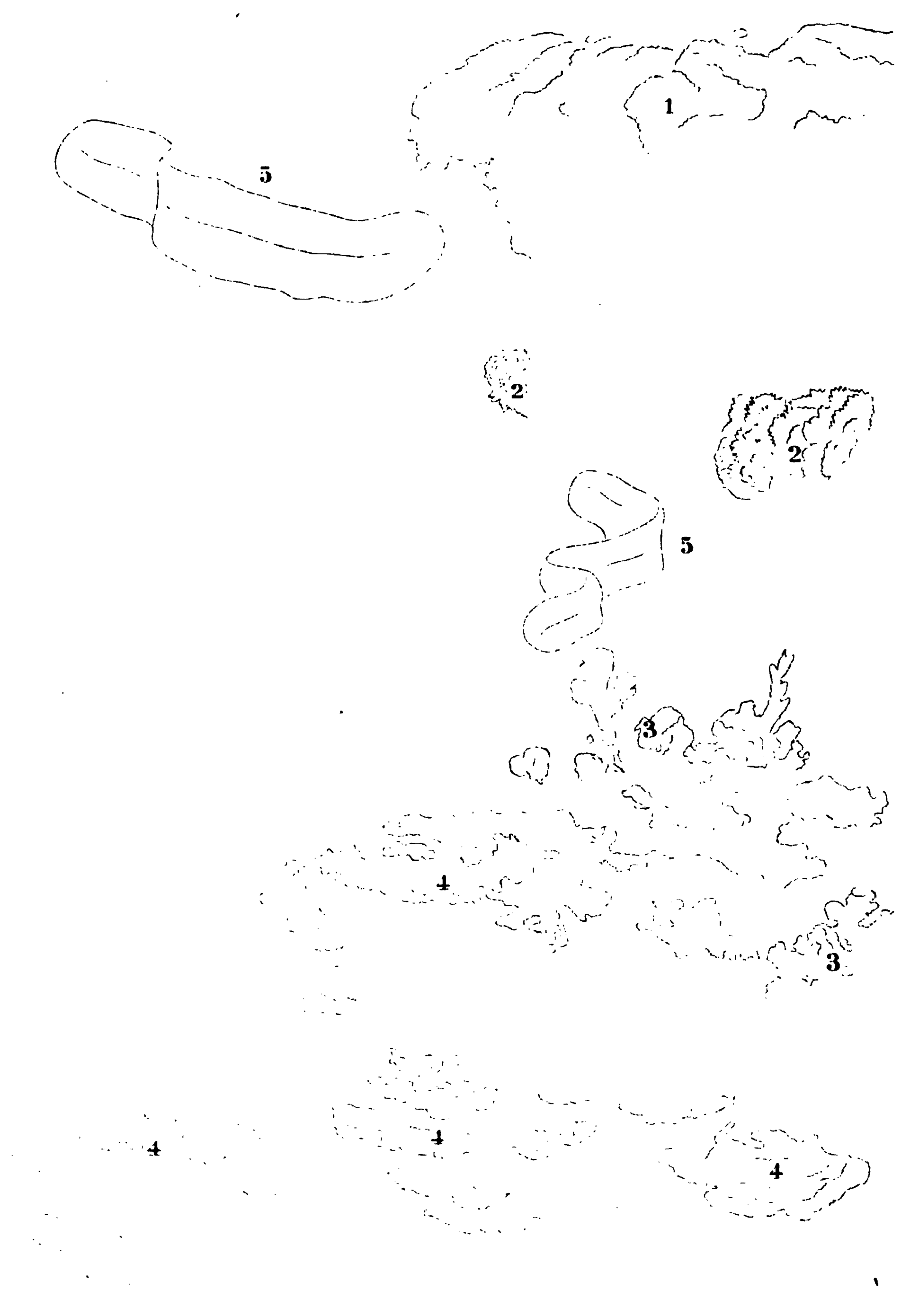


NULLIPORENBÄNKE IM ADRIATISCHEN MEERE.

(Nach der Natur von E. v. Ransonnet.)



[Zur Tafel: »*Nulliporenbänke im Adriatischen Meere*«.]



1. *Lithophyllum cristatum* 2. *Corallina officinalis* 3. *Peyssonnelia rubra*
4. *Lithophyllum decussatum*. 5. *Cestum Veneris* (Qualle).

einfachkohlensaure Kalk schlägt sich dann in Form von Krusten auf die Blätter und Stengel der betreffenden Pflanzen nieder. Manche dieser Wasserpflanzen nehmen auch kohlensauren Kalk in die Substanz der Zellhaut auf, und wieder bei andern ist beides der Fall, d. h. sie sind nicht nur mit kohlensaurem Kalke außen inkrustiert, sondern es sind auch die Wandungen der Zellen mit Kalk ganz durchsetzt. An den Rinnsalen der Quellen, welche doppeltkohlensauren Kalk gelöst aus der Tiefe des Berges mitbringen, wuchern regelmäßig zahlreiche Moose: Gymnostomum curvirostre, Trichostomum tophaceum, Hypnum falcatum und andre mehr. Diese Moose sowohl als auch mehrere Nostochineen, namentlich Dasyactis- und Euactis-Arten, inkrustieren sich in der oben angegebenen Weise ringsum mit Kalk, wachsen aber in dem Maße an der Spitze weiter, als die ältern, untern, ganz in Kalk eingebetteten Teile absterben. Dadurch aber wird selbst der Boden des Rinnsales ganz verkalkt und erhöht, und es entstehen im Laufe der Zeit Bänke von Kalktuff, welche eine bedeutende Mächtigkeit erreichen können. Man kennt auf diese Weise entstandene Kalktuffbänke, welche eine Höhe von 16 m zeigen, und an deren Aufbau die Moose wohl über 2000 Jahre gearbeitet haben müssen.

In ähnlicher Weise entstehen unter Wasser an der Küste des Meeres die Nulliporenkalkbänke, welche die von Ransonnet in der Grotte des Seebären auf der Insel Busi in Dalmatien mit vollendeter Naturwahrheit aufgenommene hier beigeheftete Tafel zur Anschauung bringt. Eine ganze Reihe von Lithothamnium- und Lithophyllum-Arten, welche in die Abteilung der Rotalgen oder Florideen gestellt werden, desgleichen die in dieselbe Abteilung gehörenden Korallinen, vor allen das auf der Tafel im Vordergrunde unten dargestellte Lithophyllum decussatum, dann die an den obern Felsen sichtbaren Lithophyllum cristatum und Corallina officinalis schalten nicht nur in die Zellhäute kohlensauren Kalk ein, sondern inkrustieren sich so dicht mit demselben Stoffe, daß ein abgebrochenes und aus der Meerestiefe heraufgebrachtes Stück vollständig den Eindruck einer Koralle macht. Da diese Florideen gesellig in ganzen Beständen wachsen, und da, wie bei den früher erwähnten Moosen, von den jüngern Sprossen die abgestorbenen ältern als Basis benutzt werden und sich so allmählich ein Stock auf den andern aufbaut, so kommt es schließlich zur Entwickelung mächtiger Bänke, die in die blaue Flut klippenartig vorspringen und häufig so übereinander gestellt sind, daß man bei der Ebbe am Rande einer der tiefern Bänke wie auf einem schmalen Gesimse eine Strecke weit fortschreiten kann, wie das namentlich in der erwähnten Grotte der Insel Busi der Fall ist.

Zahlreiche Armleuchtergewächse (Chara- und Nitella-Arten), Tausendblatt und Hornblatt (Myriophyllum und Ceratophyllum), Wasserranunkeln (Ranunculus divaricatus und aquatilis) und insbesondere viele Laichkräuter (Potamogeton), welche, ausgedehnte Bestände bildend, in den ruhigen, stillen Gewässern des Binnenlandes wachsen, beschlagen ihre zarten Stengel und Blätter im Verlaufe des Sommers mit Kalkkrusten, ziehen aber im Herbste ein, d. h. ihre Stengel und Blätter zersetzen sich, verwesen und zerfallen, und bis zum nächsten Frühlinge ist kaum mehr eine Spur ihrer organischen Masse zu sehen. Die Kalkkrusten aber erhalten sich, sinken dort, wo die inkrustierte Pflanze gestanden hatte, auf den Grund des Gewässers hinab und bilden daselbst eine sich von Jahr zu Jahr erhöhende Schicht. Wer es versucht, die abgelegenen, einsamen Wasserwildnisse in den Flachseen der Niederungen zu durchforschen, wird die Überzeugung gewinnen, daß eine derartige Anhäufung von Kalk eine sehr ausgiebige sein muß. Wenn man dort mit dem Boote über Stellen hingleitet, wo die mit Kalk inkrustierten Chara rudis und ceratophylla häufig wachsen, so knirscht und rauscht es im Wasser, als ob feines, dürres Reisig zerbersten würde. Unzählige der Armleuchterstämmchen splittern unter dem Anstoße des Bootes, und wenn man die Bruchstücke mit den Händen anfaßt, so glaubt man ein Haufwerk spröder

Glasfäden betastet zu haben. Welche Menge kohlensauren Kalkes muß da alljährlich im Grunde der Seen, Teiche und Tümpel abgelagert werden! Unter den Laichkräutern ist es insbesondere Potamogeton lucens, das seine großen, glänzenden Blätter mit einer sehr starken, gleichmäßigen Kalkkruste überzieht, die sich beim Trocknen der Pflanzen ablöst und in Schuppen abfällt, und deren Gewicht für jedes einzelne Blatt genau bestimmt werden kann. Eine sorgfältige Wägung ergab, daß ein einzelnes Blatt im Gewichte von 0,492 g mit einer Kalkkruste im Gewichte von 1,040 g überzogen war. Wenn nun ein Sproß dieses Laichkrautes, welcher fünf Blätter entwickelt hat und einen Raum von 1 qdm überdeckt, im Herbste verwest und der Kalk auf den Grund des Teiches hinabsinkt, so kommt auf je ein Quadratdezimeter des Seegrundes alljährlich eine Ablagerung aus kohlensaurem Kalke im beiläufigen Gewichte von 5 g, und wenn sich dieser Vorgang alljährlich wiederholt, so ist der Seegrund schon nach zehn Jahren mit einer aus kohlensaurem Kalke und Spuren von Eisen, Mangan und Kieselsäure[1] bestehenden Schicht im Gewichte von 50 g überlagert.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß auf diese Weise mächtige Schichten von **Süßwasserkalk** entstehen können. Daß auch in verflossenen Zeiten die Bildung von Süßwasserkalk in der eben geschilderten Weise erfolgte, geht aus dem Umstande hervor, daß man wiederholt in solchen Kalken die Früchtchen von Armleuchtergewächsen (Characeen) und die Nüßchen von Laichkräutern eingeschlossen fand. Im Meere sind Kalkabsätze, welche auf diese Art entstehen, wenigstens gegenwärtig, seltener. Nur die Acetabularien machen dort ähnliche Veränderungen durch und können auch zur Erhöhung des Grundes und zur Aufspeicherung von Kalk Veranlassung geben. Dort spielen dagegen die früher besprochenen Lithothamnien und Korallinen eine hervorragende Rolle und bilden ganz so wie echte Korallen, ja häufig auch im Vereine mit diesen und mit andern Seetieren Kalkriffe von großer Mächtigkeit.

Wie der Kalk, können übrigens auch Eisenoxydhydrat, Kieselsäure, Kali- und Natronsalze durch den Einfluß der Pflanzen stellenweise angehäuft werden. Die Bildung von Raseneisenerz, Quellerz, Wiesenerz, Sumpferz und Seeerz, die Entstehung von Tripel, Polierschiefer und Kieselgur durch Aufschichtung kieselschaliger Diatomaceen, die Anhäufung von Kali- und Natronsalzen in den oberflächlichen Schichten der Salzsteppen sind Vorgänge, welche sich, wenn auch in bescheidenerm Umfange, aber doch der Hauptsache nach auf ähnliche Weise wie die Anhäufung von kohlensaurem Kalke vollziehen.

Es drängt sich nun die Frage auf, warum nicht auch jene Stoffe, die doch in überwiegender Menge im Pflanzenkörper aufgespeichert werden, aus welchen der lebendige Teil der Pflanzen hauptsächlich besteht, welche das Alpha und Omega des Pflanzenlebens bilden, nicht ebenso erhalten bleiben wie die besprochenen mineralischen Nährsalze. Warum bleiben Kohlenstoff und Stickstoff, die, von der lebenden Pflanze so begehrlich aufgenommen und von ihr mit den Elementen des Wassers verbunden, gewissermaßen in organischen Verbindungen gefestigt, die Hauptmasse des Pflanzenleibes bilden, nicht auch nach dem Tode der Pflanze in diesem Zustande zurück? Wenn der Herbst kommt und das mit Kalk überzogene Laichkraut abstirbt, so fällt nur die Kalkkruste zu Boden und wird dort am Grunde des Teiches in zeitweiligen längern Ruhestand versetzt; das Gewebe der Pflanze selbst aber, alle die Kohlenhydrate und eiweißartigen Verbindungen desselben können nicht zur Ruhe kommen, sie werden in kürzester Zeit wieder in jene einfachern Verbindungen, aus denen sie sich im Sommer zusammengesetzt hatten, gespalten, und schon im nächsten Frühlinge ist

---

[1] In dem untersuchten Falle 96,26 Prozent kohlensaurer Kalk, 0,28 Prozent Eisenoxyd, 1,51 Prozent Manganoxyd und 1,51 Prozent Kieselsäure; letztere von den Diatomaceen welche sich auf der Kalkkruste angesiedelt hatten.

von all den Stengeln und Blättern des Laichkrautes nichts mehr zu sehen. Freilich gilt das in so augenfälliger Weise nur von den Pflanzen, welche unter Wasser leben; die in Erde eingelagerten und die von der atmosphärischen Luft umspülten Pflanzenleichen zerfallen bei weitem langsamer, und unter gewissen Umständen und an beschränkten Orten bleiben organische Reste sogar nahezu unverändert durch unendlich lange Zeiträume abgelagert.

Versuchen wir es einmal, diese verschiedenen Abstufungen in der Konservierung etwas näher ins Auge zu fassen. Gut ausgetrocknetes Holz, gut ausgetrocknete Blätter und Früchte, welche gegen nachhaltige Befeuchtung geschützt sind, können nahezu unverändert durch lange, lange Zeiträume erhalten werden. Das Holz, an trocknem Orte der Sonne ausgesetzt, bräunt sich, wird im Laufe der Jahre außen ganz schwarz, und die oberflächlichsten Schichten werden förmlich verkohlt, wie das an dem Holzwerke unter dem vorspringenden Dache alter Häuser in Gebirgsgegenden besonders schön zu sehen ist. Von einem Zerfallen, Vermodern oder Verfaulen ist an solchem Holze nichts zu bemerken. In den trocknen Räumen altägyptischer Gräber fand man Früchte, Laubwerk und Blumen, welche vor 3000 Jahren den Leichen beigelegt worden waren, und dieselben zeigten sich so wenig verändert, als wären sie erst vor wenigen Tagen getrocknet worden; an den Blumen des Rittersporness, des Safflors und dergleichen waren sogar die Farben noch zu sehen, und in den Mohnblüten zeigten sich die einzelnen Staubfäden vollständig erhalten. Die Trockenheit kann daher unbedingt als eins der Hindernisse der Zersetzung organischer Substanz angesehen werden.

Was in den angeführten Fällen durch Trockenheit, das wird in den Moorgründen durch Humussäuren bewirkt. Die von Humussäuren durchdrungenen abgestorbenen Pflanzen zerfallen nicht in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, sondern erhalten sich der Form und dem Gewichte nach fast unverändert, indem sie in Torf übergehen. Und da über der vertorften Masse immer wieder neue Pflanzengenerationen sprießen, neue organische Substanz erzeugen, diese sich dem alten Torfe beigesellt und selbst wieder zu Torf wird, so kann hier allmählich eine ungemein mächtige Schicht organischer Substanz aufgehäuft werden. In der Niederung zwischen der ostfriesischen Geest und dem Hümmling von der Hunte bis zu den Marschen am Dollart ist eine Strecke von nahezu 3000 qkm mit einer Torfschicht überdeckt, welche im Mittel 10 m Tiefe zeigt.

Von geringerer Bedeutung ist die Erhaltung abgestorbener Pflanzen und Pflanzenteile in Eis und Schnee. Blätter, Zweige und Samen, welche durch Winde auf die Schneefelder des Hochgebirges getragen werden, bleiben dort längere Zeit in Größe und Form nahezu unverändert, nur bräunen sie sich unter dem Einflusse des intensiven Sonnenlichtes, werden schließlich ganz schwarz, sehen wie verkohlt aus und sind es eigentlich auch, gerade so wie die Insekten, welche auf dem Firne der Gletscher ihren Tod gefunden haben und die dort in eine schwarze, kohlige Masse verwandelt werden. Ja, selbst alle kleinen und kleinsten organischen Splitter werden, auf dem Firne liegend, verkohlt, und so erklärt es sich auch, daß der sogenannte Schneestaub oder Kryokonit, dessen bei früherer Gelegenheit schon wiederholt gedacht wurde (S. 36 und 74), ein graphitartiges Ansehen besitzt.

Abgestorbene Blätter, Halme, Zweige, Baumstämme, welche auf feuchtem Boden zu liegen kommen, desgleichen tote Wurzeln, Wurzelstöcke, Zwiebeln und Knollen, welche in feuchter Erde eingebettet sind, gehen, vorausgesetzt, daß ihre Temperatur nicht unter den Gefrierpunkt sinkt, in Verwesung über, d. h. sie zerfallen in Wasser, Kohlensäure und Ammoniak, und zwar um so rascher, je reichlicher der Wasserzufluß, je geringer die Menge humussaurer Verbindungen und je höher die Temperatur ist, welcher die tote Masse ausgesetzt erscheint. Häuft sich an einer Stelle innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes von abgestorbenen Pflanzenteilen mehr an, als verwest, so kommt es dort zur Bildung von

Dammerde; dagegen bleibt der Boden humuslos, wenn der ganze Zuwachs an organischer Masse, nachdem derselbe abgestorben ist, sofort rasch zersetzt wird. Im großen und ganzen stellt sich heraus, daß durch Trockenheit die Zersetzung der organischen Körper verhindert oder doch beschränkt, durch Feuchtigkeit dagegen befördert wird, und daß nur dann in feuchter Umgebung die Zersetzung hintangehalten werden kann, wenn Humussäuren in größerer Menge vorhanden sind, oder wenn die Temperatur eine so niedrige ist, daß das Wasser zu Eis erstarrt.

Dieses Resultat lenkt aber die Aufmerksamkeit auf jene fabelhaft kleinen Lebewesen hin, welche erfahrungsgemäß in dem Mangel flüssigen Wassers einen Hemmschuh ihrer Thätigkeit finden, und welche durch die erwähnten antiseptischen Substanzen getötet werden. Daß diese die Ursache des Zerfalles der abgestorbenen Pflanzen sind, wird dadurch bekräftigt, daß sie niemals fehlen, wo eine Pflanze in Verwesung übergeht, und daß man anderseits die Zersetzung hindern kann, wenn diesen winzigen Gebilden der Zutritt unmöglich gemacht wird. In erster Linie sind hier natürlich die Bakterien hervorzuheben, welche man mit Zersetzungsvorgängen in ursächlichen Zusammenhang bringt und zwar speziell mit jenen Zersetzungen, die unter dem Namen Fäulnis bekannt sind. Indem diese Bakterien, als deren häufigste Bacterium Termo und mehrere Mikrokokken, Bacillen, Vibrionen und Spirillen gelten, sich vermehren und zu diesem Behufe Stoffe den Pflanzenleichen entziehen, werden die organischen Verbindungen in den Leichen gespalten; die eiweißartigen Verbindungen werden zunächst peptonisiert, weiterhin bilden sich unter gleichzeitigem Auftreten eines widerlichen fauligen Geruches Tyrosin, Leucin, flüchtige Fettsäuren, Ammoniak, Kohlendioxyd, Schwefelwasserstoff und Wasser, später auch durch weitere Oxydation salpetrige Säure und Salpetersäure. Auch die Kohlenhydrate, zumal der Zellstoff und die Stärke, werden gespalten, und die Spaltungsprodukte, insoweit sie nicht von Bakterien zu ihrem Wachstume und ihrer Vermehrung verbraucht werden, gehen in gasförmigem Zustande in die Atmosphäre oder in das die Pflanzenleichen umgebende Wasser über. Aber auch die Bakterien selbst bleiben nicht an der Stelle, wo sie sich an der Pflanzenleiche gemästet, sondern schwärmen weiterhin durch die Wassermasse aus oder kommen auf kurze Zeit zur Ruhe, werden aber dann, wenn die Stätte ihrer Thätigkeit austrocknet, durch Luftströmungen entführt und zu andern Pflanzenleichen hingebracht. Neben den Bakterien können auch Schimmel (Eurotium, Mucor, Botrytis cinerea, Penicillium glaucum) ähnliche Zersetzungen einleiten, und auch die durch das Mycelium des Thränenschwammes (Merulius lacrymans) veranlaßte Zerstörung des Holzes, die durch Peziza aeruginosa bewirkte Grünfäule der Eichen- und Buchenstrünke, die durch das Mycelium des Polyporus sulfureus und verschiedener andrer Pilze eingeleitete Vermoderung des Holzes, die Rotfäule 2c. beruhen auf ähnlichen Spaltungen der organischen Verbindungen in den Pflanzenleichen und haben den Erfolg, daß diese schließlich wieder als Kohlendioxyd, Ammoniak, Salpetersäure und Wasser in die Luft übergehen.

In letzter Linie wird also durch diese zersetzende Thätigkeit nur eine Rückkehr der eben genannten, für das Pflanzenleben wichtigsten Verbindungen in jene Regionen bewirkt, welchen sie von der lebenden Pflanze früher entzogen wurden; es werden insbesondere Kohlenstoff und Stickstoff aus ihren Fesseln befreit und der Atmosphäre in jener Form und Verbindung wiedergegeben, in welcher sie von lebendigen Pflanzen neuerlich als Nahrungsmittel aufgenommen werden können.

Von diesem Gesichtspunkte betrachtet, erscheint die Fäulnis und Verwesung als ein wichtiges, ja notwendig eintretendes Ereignis in dem Kreislaufe der für die Pflanzen wichtigsten Stoffe. Jedem Menschen ist der Abscheu gegen die Fäulnis angeboren, und alles, was damit zusammenhängt, namentlich die ganze Sippschaft der Bakterien, wird mit scheelen

Augen angesehen. Es gehört eine Art Selbstverleugnung dazu, diesen Vorgängen jene Würdigung entgegenzubringen, die sie verdienen. Wenn wir aber unsern Widerwillen überwinden und alles unbefangen erwägen, so kommen wir zu dem Schlusse, daß von der Verwesung eigentlich die Fortdauer des Pflanzenlebens und überhaupt alles Lebens abhängt. Würden die ungezählten Mengen von Pflanzen, welche im Laufe eines Jahres absterben, nicht früher oder später verwesen, sondern als Leichen unverändert verharren, so wäre dadurch eine bestimmte Menge von Kohlenstoff und Stickstoff brach gelegt, dem Kreislaufe entzogen, sozusagen außer Kurs gesetzt. Angenommen nun, es würde sich das Jahr für Jahr wiederholen, so müßte endlich ein Zeitpunkt kommen, wo aller Kohlenstoff und Stickstoff in den abgestorbenen Pflanzen gebunden ist. Damit aber würde auch alles Leben aufhören, und die ganze Erde wäre ein einziges riesiges Leichenfeld.

Aber nicht nur die Verwesung, sondern auch die winzigen Organismen, welche die Verwesung anregen, erscheinen, von dieser Seite betrachtet, in einem günstigern Lichte. Jene Bakterien, welche als abscheuliche Feinde des Menschengeschlechtes, als Ursache verheerender Infektionskrankheiten ihren Umzug durch Dorf und Stadt halten, mag man mit Gift und Feuer verfolgen und auszutilgen suchen; aber die Fäulnisbakterien vernichten, hieße störend in den Kreislauf des Lebens auf der Erde eingreifen. Diese letztern zählen nicht zu den Feinden, sondern zu den Freunden der Menschen. Die Wirkung ihres ersten Angriffes auf Pflanzen- und Tierleichen gibt sich allerdings nicht gerade in der angenehmsten Weise kund. Namentlich werden wir durch die bei diesem ersten Angriffe entwickelten, schon erwähnten verschiedenen ammoniakalischen Verbindungen, den Schwefelwasserstoff und die flüchtigen Fettsäuren, angewidert; aber im weitern Verlaufe der Zersetzung mindern sich diese für unsre Sinne so unangenehmen Erscheinungen, und schließlich wird die Wirksamkeit der Fäulnisbakterien zu einer wohlthuenden Reinigung von den letzten Resten abgestorbener Organismen. Man hat das Endresultat der durch die Bakterien bewirkten Zersetzung organischer Körper Mineralisierung genannt. In der That bleibt von den Körpern, an deren Zersetzung und Spaltung die Bakterien unermüdlich arbeiten, schließlich nichts weiter im Boden oder im Wasser zurück als etwas Salpetersäure und die geringen Mengen von mineralischen Nährsalzen, welche seiner Zeit von dem lebenden Organismus aufgenommen worden waren: Staub und Asche.

Wenn man ein Glas mit Wasser füllt, in welchem Pflanzen- und Tierreste in Fäulnis begriffen sind, und wo es von Bakterien wimmelt, so kann man diese Mineralisierung von Tag zu Tag verfolgen. Zunächst Abnahme der die Flüssigkeit trübenden organischen Substanz und gleichzeitige Zunahme von Ammoniak, salpetriger Säure und Salpetersäure; nach etwa zwei Monaten vollständige Klärung der Flüssigkeit. Das Wasser ist jetzt farb- und geruchlos, am Boden aber hat sich ein Absatz gebildet, der neben unlöslichen Nährsalzen Bakterien enthält, die, mit ihrer Arbeit zu Ende, in zeitweiligen Ruhestand versetzt sind und darauf warten, bis neue Beute ihnen zugänglich wird. Ohne Zweifel spielen sich diese Vorgänge in der freien Natur in ganz ähnlicher Weise wie im Wasserglase ab, und mit Recht hat man z. B. die sogenannte Selbstreinigung der Flüsse auf die Mineralisierung zurückgeführt. Es war längst aufgefallen, daß in dem Wasser der Flüsse, welches beim Passieren durch große Städte bedeutende Mengen von pflanzlichen und tierischen Abfällen aufnimmt, schon einige Meilen unterhalb der Einmündung der Schwemmkanäle und Kloaken von allen diesen Verunreinigungen nichts mehr aufgefunden und nachgewiesen werden kann. Das Elbwasser, in welches die Abfälle der Städte Prag, Dresden, Magdeburg geschwemmt werden, ist bei Hamburg so rein, daß es dort unbeanstandet als Trinkwasser benutzt wird. Die Seine, welche in Paris kolossale Mengen von Abfällen aufnimmt, ist schon nach einem 70 km langen Laufe bei Meulan wieder klar

und rein und zeigt dort nicht einmal Spuren der organischen Reste, die ihr in der Großstadt zugekommen waren. Ohne die Thätigkeit der Fäulnisbakterien würde diese Reinigung nimmermehr stattfinden, und wenn wir den Ausspruch hören, daß die Fäulnisbakterien eigentlich die besten Reinigungsmittel sind, so mag das im ersten Augenblicke zwar paradox klingen, ist aber nichtsdestoweniger als folgerichtig und in der Erfahrung begründet anzuerkennen.

Mechanische Veränderungen des Bodens, durch Pflanzen veranlaßt.

Alle bisher besprochenen Veränderungen, welche Erde und Wasser durch den Einfluß der sich ernährenden Pflanzen erfahren, sind vorwaltend auf chemische Umsetzungen zurückzuführen. Hand in Hand mit denselben gehen immer auch rein mechanische Veränderungen. Wenn die Rhizoiden eines Felsenmooses oder die Hyphen einer Krustenflechte in den Kalkstein eindringen, so wird, wie schon oben erwähnt, ein Teil der Unterlage gelöst, ein andrer Teil mechanisch abgetrennt, und die Rhizoiden und Hyphen erscheinen dann zwischen winzigen losen Bruchstücken des unterliegenden Gesteines eingelagert. Sterben die Hyphen und Rhizoiden ab, so erscheint das betroffene Stück der Unterlage porös, läßt Luft und Wasser eindringen und gestattet auch Pflanzen, welche die Fähigkeit, das Gestein anzuätzen und mürbe zu machen, vielleicht nicht in demselben Grade wie ihre Vorgänger besitzen, sich anzusiedeln. Dasselbe gilt von den Wurzeln der Blütenpflanzen. Die Nahrung suchenden Wurzelenden und ihre Saugzellen verschieben, wo sie vordringen, die Partikelchen der Erde, und wenn sie später verwesen, so erscheint das Erdreich an den betreffenden Stellen von Kanälen in allen Größen durchzogen. Freilich brechen diese Kanäle größtenteils wieder zusammen wie verlassene Schächte und Stollen eines Bergwerkes, immer aber wird doch eine Spur der Wurzelthätigkeit als eine örtliche Lockerung des Bodens zurückbleiben, was insofern von größter Wichtigkeit ist, weil jetzt auf dem Wege, den ehemals die Wurzeln eingeschlagen hatten, Luft und Wasser viel leichter und rascher in die Tiefe gelangen können. Die abgestorbenen, unter der Erde in Verwesung übergegangenen Wurzeln bilden auch die Quelle für Kohlensäure und Salpetersäure, welche die mineralischen Bestandteile des Bodens aufschließen helfen, was spätern an der gleichen Stelle sich ansiedelnden Generationen zu statten kommt, die dann neuerliche Verschiebungen in der Substanz des Erdreiches ausführen.

Wenn so die unterirdischen Teile der Pflanzen fortwährende Minierarbeiten ausführen und die Lage der Zusammensetzungsstücke des Erdreiches vielfach verändern, so entfalten die oberirdischen Teile eine gewissermaßen entgegengesetzte Thätigkeit, insofern nämlich, als sie die durch Luft- und Wasserströmungen in Bewegung gesetzten Erdteilchen in ihrem Laufe festhalten und zur Ruhe bringen. In dem Abschnitte, welcher die Aufnahme der Nährsalze durch die Steinpflanzen behandelt (S. 73), wurde bereits darauf aufmerksam gemacht, daß der die Atmosphäre erfüllende und durch Luftströmungen fortgewehte Staub vorzüglich von Moosen und Flechten gefangen werde. Man braucht nur einen kleinen Rasen des weitverbreiteten, allerwärts auf den Mauern längs der Straßen mit besonderer Vorliebe wachsenden Bartmooses, Barbula muralis, abzulösen, um sich zu überzeugen, wie ausgiebig der Straßenstaub zwischen die Stämmchen und Blätter eingelagert ist, und wie fest er dort anhängt. Aber nicht etwa nur der Staub, der von der Straße aufwirbelt, auch jener der Beobachtung so leicht entgehende Staub, welcher in abgelegenen Gebirgsthälern, über den eisigen Gefilden der arktischen Zone und in den höchsten Regionen der Erdfeste die Luft zeitweilig erfüllt, wird dort von den Moosen und Lebermoosen wie auch

von manchen Blütenpflanzen, welche ein den Moosen ähnliches Wachstum zeigen, aufgefangen. Zwischen den Stämmchen der dunkeln Grimmien, Andreäen und andrer Felsenmoose, welche in kleinen, polsterförmigen Rasen den windgepeitschten Klippen des Hochgebirges aufsitzen, haftet nicht viel weniger Staub als an dem Bartmoose längs der staubigen Straßen. Löst man einen solchen Rasen von seiner Unterlage ab, so rieseln Glimmerschüppchen, kleine Quarzkörnchen, Feldspatsplitter und zahlreiche winzige organische Bruchstücke als mehliges Pulver zwischen den Moosstämmchen hervor, ein andrer Teil dieser Feinerde bleibt an den Stämmchen und Blättern hängen und ist mit diesen förmlich verwachsen.

Niemals aber erscheint der noch frische, lebendige obere Teil dieser beblätterten Moosstämmchen als Staubfänger und Staubträger, sondern immer sind es die abgestorbenen, ältern untern Teile. Nur die mumifizierte oder schon in Verwesung übergehende untere Hälfte der Rasen ist infolge eigentümlicher Veränderungen der abgestorbenen Zellgewebe befähigt, den atmosphärischen Staub festzuhalten. Bei halbwegs größern Rasenpolstern erscheint dann der untere Teil als kompakte, halb aus gefangenem Staube, halb aus den abgestorbenen braunen Moosstämmchen zusammengesetzte Masse. Diese über die Felsklippen gewölbten kleinen Polster werden aber jetzt zum Keimbeete für eine ganze Menge Samen, die durch den Wind herbeigetragen wurden und gleich dem Staube hängen geblieben sind. Die Keimpflanzen, welche aus diesen Samen hervorgehen, dringen mit ihren Würzelchen in den untern, mit Staub, beziehentlich mit Feinerde erfüllten Teil des Moosrasens ein, finden hier alle Bedingungen für ihre Ernährung erfüllt, wachsen über den Moosrasen empor, breiten sich aus, unterdrücken allmählich die Moose, von denen sie so gastlich aufgenommen worden waren, und bilden schließlich eine Schicht von Blütenpflanzen, in welcher Gräser, Nelken und Korbblütler besonders reichlich vertreten sind.

Fast noch mehr als die Stein- und Erdpflanzen besitzen viele Wasserpflanzen, namentlich Wassermoose, Algen und Tange, die Fähigkeit, anorganische Partikelchen festzuhalten, und üben so als Schlammfänger auf die Gestaltung des Bodens einen tiefgreifenden Einfluß. Mit Staunen nimmt man wahr, wie Gewächse, welche dem heftigsten Anpralle der Sturzwellen ausgesetzt sind, nichtsdestoweniger den bei Hochwasser mitgetriebenen feinen Sand in außerordentlich großer Menge fangen und festhalten. Die Rasen des dunkelgrünen Tanges **Lemanea fluviatilis** sowie jene des Wassermooses, **Cinclidotus riparius**, welche in den Kaskaden der rasch flutenden klaren Gebirgsbäche an den Felsen haften, sind ganz durchsetzt von Sand und Schlamm und können von diesem erst beim Austrocknen und Schrumpfen des Gewebes entblößt werden. An dem in trüben Gletscherwassern vorkommenden **Limnobium molle** hängen die erdigen Teile immer in solcher Menge an, daß nur die grünen Spitzen der beblätterten Stämmchen über den grauen, eingeschlämmten Polstern sichtbar werden. Die das Rinnsal anscheinend klarer, sanft dahingleitender Bäche erfüllenden filzigen Massen der **Vaucheria clavata** sind so mit Schlamm durchsetzt, daß in einem herausgefischten Ballen dieser Alge das Gewicht des Schlammes jenes der Alge selbst um das Hundertfache übersteigt. Und auch hier unter Wasser sind es nicht die lebendigen, sondern die abgestorbenen Teile der Pflanze, welche als Schlammfänger dienen. An dem herausgehobenen Ballen sieht man deutlich, daß nur die obersten und jüngsten Verlängerungen der fadenförmigen Schläuche, nur jene an der Peripherie des ganzen Algenpolsters mit Chlorophyll erfüllt und lebendig sind, die Hauptmasse ist erbleicht und abgestorben. Aber nur diese abgestorbenen Teile, welche einen dichten Filz von verwobenen Fäden bilden, halten in ihren Maschen den feinen Schlamm und Sand in so überraschend großer Menge zurück; an den grünen, lebendigen Teilen gleitet er ab, ohne anzuhängen. Es ist hierbei der Umstand von Bedeutung, daß die abgestorbenen Zellhäute etwas aufquellen,

und daß in dieser aufgequollenen weichen Unterlage die feinen Schlammteile sich besser einlagern können. Man sieht das sehr deutlich auch an entrindeten Holzstücken, welche als Pfähle in heftig strömendes Wasser eingerammt werden, oder an Baumstämmen, welche bei Hochwasser irgendwo am Ufer abgelagert und festgeklemmt wurden, und deren entrindete Äste in das Rinnsal vorstehen. Selbst dann, wenn solches Holz der stärksten Strömung ausgesetzt ist, überzieht es sich nach kurzer Zeit mit einer grauen Schicht aus erdigen, von dem Wasser mitgeführten Teilchen. Schneidet man davon ein Stück ab und bringt dasselbe an die Luft, so löst sich der erdige Beschlag erst dann ab, wenn die Holzzellen austrocknen und zusammenschrumpfen. Solange sie feucht sind, bleiben auch die Schlammteilchen an der aufgequollenen Masse hängen.

Dieses mechanische Festhalten und Aufspeichern von Staub an Felsenpflanzen und von Schlamm an Wasserpflanzen ist für die Entwickelung der Pflanzendecke von größter Wichtigkeit. Krustenflechten, winzige Moose und Algen sind die ersten Ansiedler auf dem nackten Boden. Auf der von ihnen zubereiteten Unterlage vermögen sich größere Flechten, Moose und Algen festzusetzen. Von den abgestorbenen Fäden, Stengeln und Blättern dieser zweiten Generation wird in der Luft Staub, im Wasser Schlamm gefangen und dadurch ein weiches Bett für die Keime einer dritten, auf dem Felsrücken aus Gräsern, Korbblütlern, Nelken und andern kleinen Stauden, im Wasser aus Laichkräutern, Wasserranunkeln, Hornblatt und dergleichen gebildeten Generation hergestellt. Die zweite Generation ist massiger entwickelt als die erste, die dritte reicher und ausgiebiger als die zweite. Auf die dritte kann dann noch eine vierte, fünfte und sechste folgen. Jede nachfolgende unterdrückt und verdrängt die vorhergehende.

Und so wie auf der Steinwand des Hochgebirges und im rauschenden Gebirgsbache vollzieht sich auch über dem Sande der Niederung und in den Tiefen des Meeres ein fortwährender Wechsel der Pflanzendecke. Immer und überall sehen wir die jüngern Generationen die ältern ablösen und auf den Errungenschaften der alten weiterbauen. Im harten Kampfe mit den starren Elementen ergreifen die ersten Ansiedler Besitz von dem leblosen Boden. Jahre vergehen, bis dann eine zweite Generation andrer Pflanzen auf der von den ersten Ansiedlern zubereiteten Erde sich reicher und üppiger entfalten kann, rastlos aber waltet und schafft das Pflanzenleben, arbeitet mit Kraft und Geschick, baut sein grünes Gebäude weiter und weiter. Auf dem Moder abgestorbener Geschlechter siedeln sich wieder neue Keime, andre, der veränderten Unterlage angepaßte Pflanzenformen an, und so geht es fort Jahrhunderte, Jahrtausende, in niemals ermüdendem Wechsel, bis endlich über dem schwarzen, tiefgründigen Boden, dem Kampfplatze zahlreicher untergegangener Generationen, die Wipfel des Hochwaldes rauschen. So wie das Menschenleben, hat demnach auch das Pflanzenleben seine Epochen und seine Geschichte: hier wie dort ein stetes Ringen und Kämpfen, ein fortwährendes Verdrängen und Erneuern, ein ewiges Kommen und ein ewiges Gehen.

III. Leitung der Nahrung.

1. Die Triebkräfte für die Bewegung des rohen Nahrungssaftes.

Inhalt: Haarröhrchenwirkung und Wurzeldruck. — Transpiration.

Haarröhrchenwirkung und Wurzeldruck.

Einzellige Pflanzen verarbeiten die Nahrung, welche sie von außen her aufnehmen, sofort selbst und erzeugen daraus organische Substanz, die sie zum weitern Ausbaue und zur Vergrößerung ihres Leibes und schließlich auch zur Bildung ihrer Nachkommenschaft verwenden. In allen jenen Pflanzen dagegen, welche aus Gesellschaften zahlreicher Zellen bestehen, findet eine Teilung der Arbeit statt. Ein Teil der in den Zellkammern eines solchen umfangreichen Pflanzengebäudes hausenden Protoplasten besorgt die Aufnahme des Wassers und der Nährsalze, ein andrer die Aufnahme der Nährgase, wieder ein andrer die Verwandlung der Nahrung in organische Baustoffe. Die Punkte, an welchen diese verschiedenen Arbeiten ausgeführt werden, sind oft ziemlich weit voneinander entfernt, und es muß dann selbstverständlich nicht nur eine Verbindung der getrennten Werkstätten hergestellt sein, sondern es müssen auch Kräfte in Wirksamkeit treten, welche die Nahrung aus den zur Nahrungsaufnahme dienenden Zellen zu denjenigen hinführen, in welchen die Verarbeitung zu Baustoff stattfinden soll. Es leuchtet von vornherein ein, daß die Lösung dieser Aufgabe desto schwieriger ist, je weiter voneinander entfernt die Werkstätten in dem betreffenden Pflanzengebäude gelegen sind. An den Wasserpflanzen und Steinpflanzen, welche mit allen ihren oberflächlichen Zellen Nahrung aus der Umgebung aufnehmen können, sind die Entfernungen verhältnismäßig noch am geringsten, an den Erdpflanzen dagegen, deren Wurzeln von Erde und deren Laubblätter von Luft umgeben sind, am größten. An Bäumen muß die Nahrung, welche von den Saugwurzeln unter der Erde aufgenommen wird, manchmal eine Strecke von weit über 100 m zurücklegen, um die Blätter des Wipfels zu erreichen. Zudem führt die Bahn steil empor, und es hat daher die aufsteigende Flüssigkeit die Schwerkraft zu überwinden, was bei der angegebenen Höhe nicht wenig zu bedeuten hat.

Begreiflicherweise hat diese Erscheinung von jeher die Wißbegierde lebhaft angeregt, und es wurden die verschiedensten Versuche gemacht, um zu erklären, wie der von den Wurzeln aufgenommene Nahrungssaft in die Baumkronen emporkommt. Man dachte

zunächst an die **Kapillarität** oder **Haarröhrchenwirkung**. So gut in einem Dochte Öl, Alkohol, Wasser in die Höhe gezogen wird, könnte ja auch in den feinen, röhrenförmigen Zellenbildungen, welche Gefäße genannt werden und die, zu Bündeln vereinigt, die Stengel und Blätter der Pflanzen durchziehen, flüssige Nahrung aufsteigen. Die Gefäße sind aber unten und oben geschlossen und daher nicht danach angethan, daß die Haarröhrchenthätigkeit sich in ihnen entfalten könnte; im besten Falle würde die Kapillarität die Säfte eine Spanne hoch zu heben im stande sein, nimmermehr aber ein Emporsteigen der Flüssigkeit um viele Meter veranlassen. Auffallend ist der Umstand, daß in vielen Pflanzen das stärkste Aufsteigen des Saftes zu einer Zeit erfolgt, in welcher die Verdunstung aus den oberflächlichen, der Luft ausgesetzten Teilen am schwächsten ist. Das sogenannte Thränen der Weinstöcke, das Ausfließen von Saft aus den Schnittflächen der abgestutzten Reben erfolgt nicht im Sommer und Herbste, nicht dann, wenn der Rebstock in vollem Blätterschmucke dasteht und seine breit angelegten Laubflächen große Mengen von Feuchtigkeit an die sie umspülende Luft abgeben, sondern am Ende des Winterschlafes der Pflanzen, in einer Periode, in welcher die braunen Reben noch kahl und entlaubt über den Boden emporragen. Die Ursache für das Emporsteigen, wenigstens für das Emporsteigen des Saftes in den untern, nicht belaubten Stammteilen, muß daher an den Saugwurzeln gesucht werden, und man darf annehmen, daß hier dieselben Kräfte wirksam sind, welche das Eindringen flüssiger Nahrung in die oberflächlichsten Zellen an den Wurzelenden aus der umgebenden Erde bewirken.

Es wurde schon früher darauf hingewiesen, daß der **Inhalt dieser Zellen infolge seiner chemischen Affinität zum Wasser des Nährbodens dieses mit großer Kraft ansaugt**, oder mit andern Worten, daß die **Bodenflüssigkeit durch Endosmose in das Innere der Pflanzenzellen gelangt**; es wurde auch erwähnt, daß infolge der Aufnahme von Wasser der Umfang des Zellinhaltes sich vergrößert, daß dadurch von innen her ein Druck auf die Zellwand ausgeübt wird, daß die Zelle aufquillt und geschwellt wird, daß sie turgesziert. Dabei sind drei Fälle denkbar. Zunächst kann man sich vorstellen, die Zellhaut sei in ihrem ganzen Umfange so gebaut, daß sie dem Wasser zwar den Eintritt, nicht aber auch den Austritt gestattet, daß also der Zellinhalt zwar Wasser ansaugt, eine Filtration des aufgenommenen Wassers nach außen aber nicht stattfindet. Gesetzt den Fall, es würde die Zellhaut, entsprechend ihrer Elastizität, dem Drucke des Zellinhaltes zwar nachgeben, es würde aber die Elastizitätsgrenze nicht überschritten werden, so müßte es zu einem Zustande der Spannung kommen, in welchem der gegenseitige Druck des Zellinhaltes und der Zellhaut sich das Gleichgewicht halten. Es kann auch der Fall eintreten, daß der Druck des Zellinhaltes die Kohäsion der Zellwand überwiegt, und daß infolgedessen die Zellwand zerreißt und der Zellinhalt aus dem gebildeten Risse austritt. So sieht man es an gewissen Zellen des Blütenstaubes oder Pollens, wenn man sie mit reinem Wasser in Verbindung bringt; die Zellen nehmen im Verlaufe einer halben Sekunde so viel von dem zugesetzten Wasser auf, daß sie den doppelten Umfang erreichen; noch immer saugt aber der Zellinhalt Flüssigkeit auf, die Zellwand kann nun dem Drucke nicht weiter widerstehen und platzt, der Inhalt, von welchem der Druck ausgegangen, strömt dann im Nu aus dem Risse hervor und verteilt sich in dem umgebenden Wasser.

Es ist aber auch noch ein dritter Fall möglich. Angenommen, es wären an einer Zelle die gegenüberliegenden Wandungen nicht gleichmäßig ausgebildet; die eine an den feuchten Boden angrenzende Wand wäre so gebaut, daß sie Wasser einläßt, aber eine Filtration von Flüssigkeit nach außen nicht gestattet, die gegenüberliegende Wand würde dagegen der Filtration einen geringern Widerstand entgegensetzen, so müßte bei zunehmendem Drucke des Zellinhaltes auf die Zellwand Flüssigkeit durch den filtrationsfähigen Teil durchgepreßt werden und zwar desto mehr und desto energischer, je größer die Affinität des Zellinhaltes zur Flüssigkeit

des Nährbodens ist. Dieser Fall wird an einigen Schimmelbildungen, namentlich an dem so häufig auf Fruchtsäften sich einstellenden Mucor Mucedo, aber auch an dem Mycelium des sogenannten Thränenschwammes, Merulius lacrymans, beobachtet. In die untern, dem Nährboden aufliegenden Teile der schlauchförmigen Zellen wird Flüssigkeit mit großer Energie angesaugt, und aus den obern, frei in die Luft ragenden Teilen derselben Zellen wird Flüssigkeit durch die Zellwand hinausgepreßt. Diese obern Enden der Zellen des Myceliums erscheinen dann wie mit kleinen Tautröpfchen besetzt, und bei dem Thränenschwamme vereinigen sich die Tröpfchen sogar zu Tropfen von recht ansehnlicher Größe. Feuchtes Holzwerk in Kellerräumen, in das sich der Thränenschwamm eingenistet hat, erscheint dann häufig mit den ausgeschiedenen Tropfen dicht besprengt, und wenn man in dem dunkeln Raume mit einer Lampe die von dem Pilze befallenen Stellen beleuchtet, so funkeln und glänzen Hunderte von Tropfen wie die Perlen an den Stalaktiten einer Tropfsteinhöhle. Grenzt eine solche Zelle, welche auf der einen Seite Flüssigkeit ansaugt, mit ihrer andern, die Flüssigkeit durchlassenden Seite an eine zweite Zelle an, so wird von dieser die ausgepreßte Flüssigkeit aufgenommen werden, und für den Fall, daß diese zweite Zelle die Gestalt einer Röhre besitzt, kann der einfiltrierte Saft immer höher und höher steigen, ja sogar von der nachdrängenden Flüssigkeit durch weitere filtrationsfähige Zellwände durchgepreßt werden. Selbstverständlich wird der so entstehende aufwärts gerichtete Saftstrom sich vorzüglich dorthin richten, wo der geringste Widerstand herrscht, und wenn daher die Zellengesellschaft, in welcher sich der hier geschilderte Vorgang abspielt, mit Kanälen durchsetzt ist, welche oberflächlich mit Poren endigen, so kann die Flüssigkeit schließlich aus diesen Poren in Tropfenform hervortreten. Das geschieht auch thatsächlich an manchen großblätterigen Aroideen, welche in schattig-feuchten Wäldern ihren Standort haben, aber auch an Gewächsen des offenen Landes, wenn die Luft, welche die oberirdischen belaubten Teile derselben umspült, sehr feucht und der Boden, in welchen die Wurzeln eingesenkt sind, verhältnismäßig warm ist. Wenn nach Untergang der Sonne die sich abkühlende Luft mit Wasserdampf nahezu gesättigt ist, der tagüber besonnte Boden aber in der Umgebung der Saugwurzeln noch eine höhere Temperatur zeigt, so sieht man an vielen reichbelaubten Gewächsen Wassertröpfchen aus den dünnwandigen Zellen und aus den Poren der Laubblätter hervortreten. Die Blätter junger Getreidepflanzen sind dann mit ganzen Reihen solcher Tropfen, die ganz wie Tauperlen aussehen und auch häufig für Tau gehalten werden, besetzt. Es gelingt leicht, diese Auspressung von Wasser aus den Laubblättern künstlich hervorzurufen, wenn man belaubte Pflanzen in dunstgesättigten Raum bringt und die Erde, in welcher sie wurzeln, etwas erwärmt. Der Saft, welcher aus den Poren der Blätter hervorgepreßt wird, stammt ohne Zweifel aus dem Nährboden, wird von den Saugzellen der Wurzelenden aufgenommen und durch die filtrationsfähigen Gefäße und Zellen des Wurzelkörpers und des Stengels zu den Blättern emporgetrieben. Wenn man daher den Stengel nicht zu weit über dem Boden quer durchschneidet, so sieht man den auf halbem Wege befindlichen Saft in Form von Tropfen auch an der Schnittfläche hervorquellen, man sieht dann eben jenes merkwürdige Thränen, dessen früher gedacht wurde.

Die Menge des an solchen Schnittflächen ausfließenden Saftes ist in manchen Fällen eine erstaunlich große. Auf Java werden gewisse lianenartige, die feuchten Wälder bewohnende Cissus geradezu als vegetabilische Quellen benutzt; aus den durchschnittenen Reben fließt nämlich so reichlich wässeriger Saft hervor, daß man sich mit demselben in kürzester Zeit einen Becher voll füllen und denselben als erfrischenden, relativ kühlen Trunk benutzen kann. Auch mehrere Araliaceen liefern einen trinkbaren Saft. Einige in Indien einheimische, als vegetabilischer Born benutzte Arten haben darum auch den Namen „Pflanzenquelle“ (Phytocrene) erhalten (z. B. P. gigantea, bracteata). Wenn man den ganz jungen

Blütenschaft der Agave Americana, jener mexikanischen Pflanze, welche in den europäischen Gärten unter dem Namen der hundertjährigen Aloe kultiviert wird, quer durchschneidet, so fließen binnen 24 Stunden beiläufig 365 g und in einer Woche über 2500 g Saft hervor. Dieses Ausfließen dauert 4—5 Monate, und eine kräftige Agave liefert in diesem Zeitraume bis zu 50 kg Saft, welcher, etwas Zucker und eiweißartige Stoffe enthaltend, in Gärung übergeht und von den Mexikanern zur Darstellung eines berauschenden Getränkes, des „Pulque", benutzt wird. Sehr reichlich ist auch die Menge des ausfließenden Saftes an den Weinstöcken. Eine 2½ cm dicke Rebe, 1½ m über dem Boden quer durchschnitten, lieferte innerhalb einer Woche über 5 kg Saft. Aus dem durchschnittenen Stamme einer Rose floß in einer Woche über 1 kg Saft hervor. Auch aus den Ahornen und Birken quillt verhältnismäßig viel Saft hervor, wenn man die Stämme 1 m über dem Boden abschneidet. Der ausfließende Saft der Ahornarten enthält kristallisierbaren Zucker und zwar jener einiger nordamerikanischer Arten in so reichlicher Menge, daß es sich, wenigstens in frühern Zeiten, lohnte, denselben zu gewinnen.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß das Volumen des ausgeflossenen Saftes in allen diesen Fällen größer ist als das Volumen des ganzen Wurzelkörpers inbegriffen des Stammstumpfes, aus welchem der Saft hervorgepreßt wurde, ein Beweis, daß nicht etwa nur das zur Zeit des Schnittes in der Wurzel und in dem Stammstumpfe enthaltene Wasser herausgepreßt wird, sondern daß ein kontinuierlicher Saftstrom vorhanden ist, und daß die Saugzellen an den Wurzelenden auch dann, wenn man den zugehörigen Stamm durchschnitten hat, noch lange nicht aufhören, der Umgebung mit großer Energie Flüssigkeit zu entziehen.

Um die Größe des Druckes, unter dessen Einflusse der Saft aus den Schnittflächen der Reben und andern Stammbildungen hervorgepreßt wird, zu ermitteln, wurde schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts ein sinnreicher Versuch angestellt. Man schnitt im Frühlinge eine astlose Rebe von Fingersdicke 80 cm über der Erde ab und befestigte auf dem zurückgebliebenen Stumpfe eine Glasröhre mit doppelter Krümmung in der Weise, daß das eine Ende derselben genau auf den Querschnitt des Stumpfes paßte, worauf die Glasröhre mit Quecksilber gefüllt wurde. Durch den Saft, welcher aus der Schnittfläche hervorquoll, wurde nun das Quecksilber gehoben und zwar innerhalb weniger Tage um 856 mm. Bekanntlich ist aber das Gewicht einer Quecksilbersäule von 760 mm gleich dem Gewichte einer Luftsäule von der Höhe der Atmosphäre oder einer Wassersäule von ungefähr 10,3 m, und es ist daher der Druck, mit welchem der Saft aus der Rebe hervorgepreßt wird, beträchtlich größer als jener einer Atmosphäre und einer Wassersäule von der angegebenen Höhe. Auf Grund dieser Zahlen hat man berechnet, daß der Saft durch den von den saugenden Zellen der Wurzel ausgehenden Druck 11,6 m emporgehoben werden kann. Begreiflicherweise ist der Druck in den untern Teilen eines Stammes am größten und nimmt nach oben zu allmählich ab, auch ist der durch ihn erzeugte aufsteigende Saftstrom kein gleichmäßiger, sondern zeigt tägliche, ja selbst stündliche Schwankungen. Weiterhin wurde beobachtet, daß die Menge des ausgeflossenen Saftes, abgesehen von den eben erwähnten Schwankungen, bald nach dem Durchschneiden des Stammes am größten ist, dann allmählich geringer wird, bis schließlich mit dem Absterben des Stumpfes das Ausfließen ganz aufhört.

Die Größe des Druckes und die Menge des durch die Saugkraft der Zellen emporgepreßten Saftes wechseln auch nach der Individualität der Pflanzen. Bei den rebenartigen Gewächsen scheint der Druck am größten zu sein, und bei dem Weinstocke hält er, wie schon bemerkt, einer Quecksilbersäule von 856 mm Höhe das Gleichgewicht. In dem Stengel des Fingerhutes gleicht er dem Drucke einer Quecksilbersäule von 461, in dem Stengel der Nessel von 354, im Stengel des Mohnes von 212, im Stengel einer Bohne von 159 und im

Stamme des weißen Maulbeerbaumes von 12 mm. Für die Mehrzahl der krautartigen Gewächse wäre dieser Druck wohl ausreichend, um den Saft von den Wurzelspitzen bis in die Laubblätter und bis zum Gipfel des Stengels emporzutreiben. Nicht so für die Laub- und Nadelbäume, die Palmen, die Schling- und Kletterpflanzen. Wenn der obigen Berechnung zufolge durch den Wurzeldruck wässerige Flüssigkeit 11,6 m hoch emporgetrieben werden kann, so ist von diesem Höhenpunkte bis zu den belaubten Wipfeln der genannten Bäume und Schlinggewächse, welche eine Höhe von 160 m erreichen können, noch ein sehr weiter Weg, und die Frage, die sich aufdrängt, ist: wie kommt der Saft von jenem Niveau, bis zu welchem er durch den Wurzeldruck emporgepreßt wurde, in die höhern Regionen?

Es könnte daran gedacht werden, daß sich in jener Höhe des Pflanzenstockes, zu welcher das Wasser emporgetrieben wird, wieder Zellen befinden, welche ähnlich den Zellen an den Wurzelenden thätig sind, d. h. Zellen, die wieder saugend wirken, deren Zellhaut auf der einen Seite einen geringern Filtrationswiderstand zeigt, und die daher den Saft wieder um ein Stück weiter in die Höhe zu pressen im stande sind. Die Ergebnisse nachfolgender Versuche sind jedenfalls danach angethan, eine solche Annahme zu unterstützen. Wenn man aus der Mittelhöhe eines Baumes ein Zweigstück herausschneidet, dasselbe unten teilweise entrindet und dort mit Wasser in Berührung bringt, so fließt an dem gegenüberliegenden obern Querschnitte unter beträchtlichem Drucke Saft heraus. Ähnliches erfolgt, wenn man ein beblättertes Zweigstück so in das Wasser einsenkt, daß die Blätter unter Wasser zu stehen kommen, während der obere quer abgestutzte Teil des Zweiges um ein gutes Stück aus dem Wasser emporragt, in welchem Falle Zellen der Blätter als Saugzellen wirksam sein dürften. Wenn es hiernach wahrscheinlich ist, daß sich in allen Höhen des Pflanzenstockes parenchymatische Zellen finden, welche ganz ähnlich wie die Saugzellen an den Wurzelenden thätig sind, so würde doch diese Einrichtung schwerlich in allen Fällen genügen, den Saft bis zu dem oben angegebenen Ziele hinzuführen. Auch den Luftdruck sowie die in den Gefäßen des Stammes im Sommer beobachtete Verdünnung der Luft hat man als Nothelfer zur Erklärung des Saftauftriebes angesprochen, und es mag ihnen diese Rolle auch wirklich zukommen; aber alle diese Triebkräfte werden ganz in Schatten gestellt durch jene, welche von den Botanikern Transpiration genannt wurde.

Transpiration.

Wir verstehen unter Transpiration der Pflanzen die Abgabe von dunstförmigem Wasser an die umgebende Luft, also kurz und deutsch die Ausdünstung der Pflanzen. Der Wasserdampf erhebt sich aus jenen an die Luft angrenzenden Zellen der Pflanze, deren Bau überhaupt eine Ausdünstung zuläßt, in derselben Weise wie aus feuchten unorganischen Körpern und freien Flüssigkeiten. Von den Stoffen, welche in den Säften der Pflanze gelöst enthalten sind, verdampfen gleichzeitig mit dem Wasser nur diejenigen, welche die Eigenschaft haben, bei derselben Temperatur wie das Wasser aus tropfbarflüssigem in dunstförmigen Zustand überzugehen. Alle übrigen bleiben zurück, und die natürliche Folge davon ist, daß die Säfte in den ausdünstenden Zellen konzentrierter werden. Wenn man Wasser, das äußerst geringe Mengen von Zucker, organischen Säuren, salpetersauren, phosphorsauren und schwefelsauren Kali-, Kalk- und Eisensalzen gelöst enthält, aus einer Schale langsam verdunsten läßt, so kommt es allmählich zu einem Stadium, in welchem sich auf dem Boden der Schale nur noch eine geringe Flüssigkeitsschicht befindet; diese aber stellt

jetzt eine sehr konzentrierte Lösung der genannten Stoffe, des Zuckers, der organischen Säuren und der verschiedenen Salze dar. Sie hat auch alle Eigenschaften einer solchen konzentrierten Lösung; namentlich hat sie die Fähigkeit, flüssiges Wasser aus der Umgebung anzusaugen. In derselben Weise aber wird infolge der Verdampfung auch der Inhalt einer mit Luft in Berührung stehenden Zelle konzentrierter und erhält damit die Fähigkeit, aus der Umgebung Flüssigkeit anzuziehen, beziehentlich anzusaugen. Schließen nun zwei Zellen aneinander, deren Säfte denselben Konzentrationsgrad besitzen, und kommt nur eine in die Lage, Wasser auszudünsten, so wird dadurch der bisherige Gleichgewichtszustand zwischen beiden gestört. Es herrscht aber das Bestreben, das Gleichgewicht wiederherzustellen, und es nimmt die Zelle, deren Säfte durch Verdampfung des Wassers konzentrierter geworden sind, wässerige Flüssigkeit aus der Nachbarzelle auf. Denkt man sich nun eine Kette saftreicher Zellen, welche durch filtrationsfähige Wände miteinander verbunden sind, in der Weise gelagert, daß nur das oberste Endglied der Kette an die atmosphärische Luft angrenzt, so wird der durch Ausdünstung konzentrierter gewordene Saft dieser obersten Zelle zunächst auf die unmittelbar angrenzende tiefere Zelle eine Saugwirkung ausüben. Indem aber dieser zweiten Zelle Flüssigkeit entzogen wird, erfährt auch ihr Saft eine Konzentration, und sie übt infolgedessen auf die dritte, diese in ähnlicher Weise auf die vierte, fünfte, sechste rc. Zelle nach abwärts eine saugende Wirkung aus. So entsteht eine Unzahl von Ausgleichsströmungen zwischen den benachbarten Zellen, welche aber so lange, als die mit der atmosphärischen Luft in Berührung stehende oberste Zelle Wasser ausdünstet, niemals zu einem wirklichen vollständigen Ausgleiche führen, sich vielmehr zu einem einzigen aufwärts gerichteten Strome kombinieren.

Ein solcher Strom kommt nun thatsächlich an allen lebenden Pflanzen zu stande, deren oberirdische, von Luft umspülte Teile ausdünsten, und deren untere Teile mit einem feuchten Nährboden in Verbindung stehen. Man hat denselben Transpirationsstrom genannt. Seine Quelle ist die Flüssigkeit, welche durch die Saugzellen dem Nährboden entrissen wurde, die nun unter die Herrschaft der lebendigen Pflanzenzellen gekommen ist, und für welche die alte, recht passende Bezeichnung „roher Nahrungssaft“ beibehalten bleiben mag; sein Ziel und seine Richtung wird durch die Lage der ausdünstenden Zellen bestimmt, und seine Bahn wird gebildet durch das Holz, welches in den Stämmen als mächtige Schicht zwischen Rinde und Mark eingeschaltet ist, sowie durch Bündel und Stränge aus verholzten Zellen und Gefäßen, welche den Stengel durchziehen, tief unter der Erde durch Gruppen parenchymatischer Zellen mit den Saugzellen der Wurzelenden oder mit den die Saugzellen ersetzenden Hyphen eines Mycelmantels in Verbindung stehen, nach oben aber in die Laubblätter übergehen, dort als Rippen in der Blattmasse erscheinen, sich in ein unendlich fein zerteiltes Netz kleiner Stränge auflösen und ganz nahe an den ausdünstenden Zellen der Oberfläche endigen. Daß wirklich das Holz den Transpirationsstrom leitet, zeigen zur Genüge alte Bäume, deren Stamm längst hohl geworden, deren Mark verwittert und herausgefallen ist, und die auch der Rinde an ihrer Basis ringsum beraubt worden sind. In den Ölbaumpflanzungen am Gardasee, deren eine auf S. 253 abgebildet erscheint, sieht man häufig Bäume, deren unterster Stammteil nicht nur entrindet und ausgehöhlt, sondern auch mehrfach durchlöchert und durchbrochen ist, so daß der obere Teil des Baumes wie auf zwei Stelzen ruht und auch mit dem Boden nur durch die rindenlosen, ganz und gar aus Holzzellen und Gefäßen zusammengesetzten, nach abwärts in die Wurzeln übergehenden Stelzen verbunden ist. Und dennoch sind diese Ölbäume noch lebenskräftig, treiben alljährlich neue Zweige und Blätter, blühen und fruchten und decken ihren Bedarf an Nahrung aus dem Boden durch Zuflüsse, welche nach aufwärts keinen andern Weg als den durch das Holz dieser Stelzen haben.



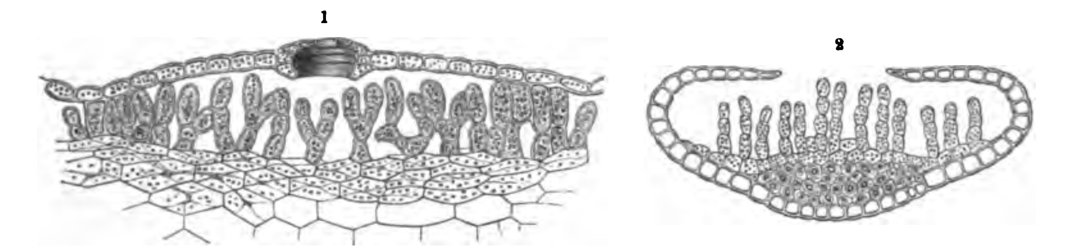
Olivenhain am Ufer des Gardasees. Vgl. Text, S. 252.

Es wurde übrigens auch durch wiederholte Versuche der Nachweis geliefert, daß die Bündel aus Holzzellen und Gefäßen, welche im Stamme der Bäume und Sträucher zu einem zwischen Mark und Rinde eingeschalteten Holzcylinder zusammenschließen, der Leitung des Transpirationsstromes dienen. Wird an einem belaubten Pflanzenstocke, dessen Blätter in trockner Luft ausdünsten, aber durch den von untenher in sie eintretenden Transpirationsstrom mit Wasser versorgt werden, ein ringförmiges Stück der Rinde des Stammes abgelöst, so wird dadurch der Zufluß des Saftes in die Blätter nicht unterbrochen, es bleiben die Blätter prall und straff; sobald man aber die Rinde schont, dagegen ein Stück des Holzkörpers herausnimmt oder die erwähnten Stränge durchschneidet, so hört sofort der Zufluß zu den Blättern auf, die Blätter werden schlaff und sinken welkend herab.

Die zelligen Bildungen des Holzes und der Stränge, welche der **Leitung des rohen Nahrungssaftes zu den Blättern dienen**, sind, wie schon erwähnt, Holzzellen und Holzgefäße. Da man früher der Ansicht huldigte, daß diese Gebilde der Durchlüftung dienen, und glaubte, daß sie den Atmungsorganen der Insekten, den sogenannten Tracheen, zu vergleichen seien, hat man die Holzgefäße auch Tracheen und die Holzzellen Tracheiden genannt. Die **Holzzellen** stellen in die Länge gestreckte Kammern von durchschnittlich 1 mm Länge und 0,05—0,1 mm Weite dar; ihre Wände sind ungleichmäßig verdickt und zwar entweder durch schraubig an der Innenwand herumlaufende, etwas vorspringende oder durch netzförmige und spangenförmige Leisten, oder aber durch sogenannte Hoftüpfel, welche auf S. 42 abgebildet und ausführlich beschrieben wurden. Die **Holzgefäße** sind röhrenförmig, im Verhältnisse zu ihrer Weite, welche immer nur Bruchteile eines Millimeters beträgt, sehr lang, durchziehen ohne Unterbrechung Stengel, Zweige, Blätter, vielleicht sogar die ganze Pflanze von der Wurzelspitze bis zum obersten Ende. Sie sind aus reihenweise geordneten Zellen dadurch hervorgegangen, daß die Zwischenwände dieser Zellen aufgelöst wurden. Die Wände der Holzgefäße zeigen dieselben Verdickungen wie die Wände der Holzzellen oder Tracheiden. Wenn die Kammern und Röhren des Holzes mit allen ihren Hoftüpfeln und den aussteifenden Leisten vollkommen ausgebaut sind, so verlassen die lebendigen Protoplasten, welche den Ausbau besorgten, die Stätten ihrer Thätigkeit. Es fehlt daher in den fertigen Holzzellen und Holzröhren an dem lebendigen protoplasmatischen Inhalte. Sie sind dann in gewissem Sinne als tote Gebilde anzusehen, vermögen auch nicht mehr weiterzuwachsen, und es kommt in ihnen auch niemals zu jenem Zustande des gegenseitigen Druckes von Wand und Inhalt, wie er in den Saugzellen und in andern von lebendigen Protoplasten bewohnten Zellräumen beobachtet wird, und den man Turgor genannt hat.

In den Wänden der Holzzellen sowohl als auch der Holzröhren ist Holzstoff (Lignin) eingelagert. Damit scheint es zusammenzuhängen, daß dieselben weit weniger quellbar sind als die Wände von Zellen, welche vorwaltend aus Zellstoff bestehen. Die Menge des Saftes, welcher zwischen die Molekülgruppen der verholzten Wände eindringt, und mit der sich diese Zellwände tränken, ist auch eine vergleichsweise sehr geringe; dagegen wird allerdings dieser eingedrungene Saft durch die verholzten Wände der Zellkammern und Röhren viel rascher geleitet als in nicht verholzten Wänden. Weit ausgiebiger als durch die intermolekulare, in den verholzten Wänden der Zellen und Gefäße stattfindende Strömung erfolgt die **Aufwärtsbewegung des rohen Nahrungssaftes im Innern der Holzzellen und Holzröhren.** Wenn keine Ausdünstung aus den Laubblättern stattfindet, oder wenn dieselbe sehr gering ist, sind die Gefäße und Zellen mit Saft gefüllt; sobald sich die Transpiration geltend macht, wird ein Teil des Saftes verbraucht, und es wird, wenn nicht rasch genug Ersatz eintritt, zeitweilig in beschränktem Maße auch Luft eintreten können, die allerdings infolge der Schwierigkeiten, welche sich ihrem Eindringen entgegensetzen, sehr verdünnt sein muß. Durch

die nicht unterbrochenen Gefäße erfolgt die Leitung des Saftes rascher als durch die viel kürzern Holzzellen. Der durch die letztern zu den ausdünstenden Blättern strömende Saft muß unzähligemal durch die eingeschalteten Querwände filtrieren. Diese Filtration wird nun allerdings durch die Hoftüpfel, mit welchen die Holzzellen so regelmäßig ausgestattet sind, wesentlich gefördett; denn die unendlich zarte Haut, welche zwischen den beiden Höfen eines jeden solchen Apparates ausgespannt erscheint, läßt jedenfalls den Saft leicht durchpassieren. Die Hoftüpfel machen ganz den Eindruck von Klappenventilen, und es scheinen dieselben auch zur Regulierung der Saftströmung zu dienen, obschon ihre diesfällige Wirkungsweise noch nicht vollständig geklärt ist. Je mehr sich die Strombahn des rohen Nahrungssaftes den Stellen, an welchen die Ausdünstung stattfindet, nähert, desto mehr nehmen in den saftleitenden Strängen Zellen überhand, während die Gefäße in denselben immer spärlicher werden. Die Enden des ganzen Saftleitungsapparates bestehen ausschließlich aus Zellen, deren Wände durch schraubenförmige, nach innen vorspringende Leisten ausgesteift sind. Zwischen jedem solchen Ende und den ausdünstenden Zellen sind dann noch einige parenchymatische



Transpirierende Zellen: 1. Querschnitt durch eine Verdunstungskammer des Lebermooses Marchantia polymorpha; 800mal vergrößert. — 2. Querschnitt durch das Blatt des Bartmooses Barbula aloides; 880fach vergrößert.

Zellen mit lebendigem protoplasmatischen Zellenleibe eingeschaltet, während, wie nochmals hervorgehoben werden muß, die Röhren und Kammern, aus denen der Saftleitungsapparat aufgebaut ist, kein lebendes Protoplasma in ihrem Innern enthalten.

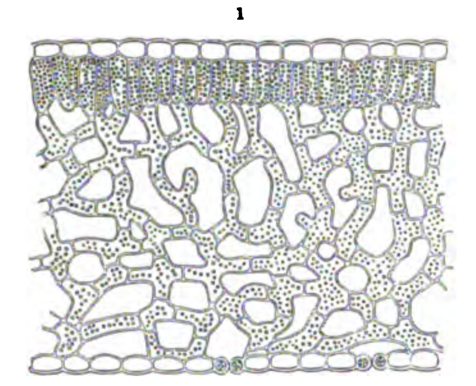
Man kann sich so die ganze Vorrichtung zur Leitung des rohen Nahrungssaftes als ein System von Röhren und Kammern mit Klappenventilen denken, in welches die von den Saugzellen der Wurzeln aufgenommene Flüssigkeit hineingepreßt und zu den ausdünstenden Zellen der grünen Laubblätter oder der die grünen Laubblätter vertretenden grünen Rinde blattloser Zweige emporgeleitet wird. Es ist nicht ausgeschlossen, daß in gewissen Höhen, gleichsam in Zwischenstationen der Strombahn, Zellen thätig sind, welche die Aufgabe haben, den Strom aufzufrischen, ihn nach Bedarf zu beschleunigen, unter Umständen auch zu beschränken. Auch ist dafür gesorgt, daß im Falle der Not in höhern Regionen des Pflanzenstockes flüssige Nahrung durch Nebenleitungen in die Blätter gelangt.

Die Zellen, welche dadurch, daß sie dunstförmiges Wasser an die Atmosphäre abgeben, den Transpirationsstrom veranlassen, sind, wie schon erwähnt, nicht gar weit von den Endpunkten der Saftleitungsapparate entfernt. Bei einigen Laubmoosen liegen sie frei zu Tage. An den Widerthonen (Polytrichum) und mehreren Bartmoosen (Barbula aloides, ambigua, rigida) bilden sie kurze, perlschnurförmige Ketten oder vorspringende Leisten auf der rinnenförmig vertieften Oberseite der kleinen Blätter (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2). Unter den Lebermoosen finden sich hinwiederum Formen, wie z. B. Marchantia polymorpha, welche in der Masse ihres laubartigen, grünen Körpers eigne große Verdunstungskammern enthalten (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1). Im Grunde dieser Kammern sieht man grüne Zellen, welche so gruppiert sind, daß man an

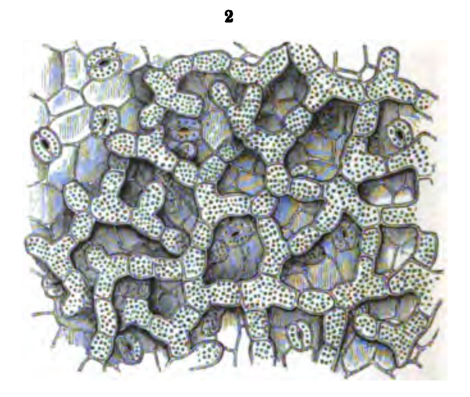
die Gestalt des Feigenkaktus (Opuntia) erinnert wird. Diese grünen Zellen sind ungemein dünnwandig, und sie sind es auch, aus welchen Wasser verdunstet. Sie sind nicht ganz frei exponiert, gleich jenen der oben genannten Laubmoose, sondern es breitet sich über sie das Dach der Kammer aus, welches aus durchsichtigen Zellen gebildet wird und welches über jeder Kammer einen schornsteinförmigen Durchlaß offen läßt, durch welchen der von den grünen, kaktusähnlichen Zellen abgegebene Wasserdunst entweicht. Diese Marchantien bilden den Übergang von den frei auf der obern Blattseite liegenden ausdünstenden Zellen der genannten Laubmoose zu jenen der Blütenpflanzen. Bei den Blütenpflanzen finden sich die ausdünstenden Zellen vorzüglich im Innern der grünen Blätter sowie in der grünen Rinde der blattlosen Zweige und bilden einen Teil jenes grünen Gewebes, welches man Chlorenchym, in den Laubblättern auch Mesophyll genannt hat.

Die Laubblätter entsprechen folgendem Bilde. Mit Blattgrün oder Chlorophyll erfüllte Zellen, die nebeneinander gestellt und übereinander geschichtet zu einer weichen, saftreichen

1



2



Schwammgewebe: 1. Querschnitt durch das Blatt der Franciscea eximia. — 2. Schwammgewebe in dem Blatte der Daphne Laureola. Die Haut und die Palissadenzellen der obern Seite des Blattes sind entfernt. Durch die Lücken des Schwammgewebes sieht man die Haut mit den Spaltöffnungen der untern Blattseite; 320fach vergrößert. Vgl. Text, S. 256 u. 257.

Gewebemasse verbunden sind; dieses grüne Gewebe durchzogen von den verzweigten Wasserleitungssträngen, welche mit ihren letzten Abzweigungen in der grünen Gewebemasse endigen; das Ganze umhüllt und eingeschlossen von einer derben Haut, welche an zahlreichen Stellen durch Spaltöffnungen unterbrochen ist. Regelmäßig sind auch noch Zellenzüge zur Ableitung der in den grünen Zellen erzeugten organischen Stoffe und Zellgruppen zur Festigung des Ganzen als Tragbalken, Stützleisten und dergleichen an bestimmten Stellen angebracht.

An den meisten flächenförmig ausgebreiteten Laubblättern ist die obere und untere Seite verschieden gebaut, und zwar beschränkt sich diese Verschiedenheit nicht nur auf die Haut, sondern ist auch in dem grünen Gewebe deutlich zu erkennen. Die unter der Haut der obern Blattseite liegenden grünen Zellen haben die Gestalt von Prismen, Cylindern oder kurzen Schläuchen und sind in Reih' und Glied sehr regelmäßig geordnet. In den Blättern der lilienartigen Gewächse liegen sie mit ihrer Langseite zur Oberfläche parallel; in den meisten andern Pflanzen aber sind diese cylindrischen Zellen mit ihrer Schmalseite gegen die Oberfläche gerichtet, stehen wie Palissaden nebeneinander, und es sind zwischen sie sehr enge Luftgänge eingeschaltet. Unter diesen Palissadenzellen und anschließend an die Haut der untern Blattseite findet sich eine andre Zellschicht, die ein viel lockereres Gefüge zeigt (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1). Die Zellen dieser untern Schicht sind nicht so sehr mit Chlorophyll vollgepfropft und daher heller grün als die Palissadenzellen; sie sind in ihrer Form elliptisch, rundlich, eckig, ausgebuchtet, überhaupt sehr unregelmäßig;

am häufigsten zeigen sie nach verschiedenen Richtungen abstehende Ausstülpungen und sind derart gelagert, daß die Ausstülpungen der benachbarten Zellen aufeinander treffen. Es macht dann den Eindruck, daß sich die Nachbarn gegenseitig die Arme entgegenstrecken und die Hände reichen, und man hat darum diese Zellen auch vielarmige Zellen genannt. Wenn mehrere vielarmige Zellen nebeneinander liegen und miteinander in der angegebenen Weise zu einem Gewebe verbunden sind, so entstehen in dem Gewebe Lücken und Gänge, welche von den vereinigten Armen der nachbarlichen Zellen wie von Säulen, Spangen und Brücken durchsetzt werden; das ganze Gewebe erhält das lockere, lückige Aussehen eines Badeschwammes und wurde dem entsprechend auch Schwammgewebe oder Schwammparenchym genannt (s. Abbildung, S. 256, Fig. 2).

Dieses Schwammgewebe ist nun der richtige Platz für die Ausdünstung. Nirgends in der ganzen Pflanze sind die Bedingungen für diesen Vorgang so gut erfüllt wie gerade hier; denn jede Zelle, deren Oberfläche durch die Ausstülpungen eine verhältnismäßig große ist, grenzt soviel wie nur möglich an lufterfüllte, bald größere, bald kleinere Höhlen, Lücken und Gänge an, die alle miteinander kommunizieren und ein förmliches Durchlüftungssystem bilden.

Da das Schwammparenchym in den beschriebenen Laubblättern nicht frei zu Tage liegt, sondern durch eine derbe, für Wasserdampf nur schwer durchgängige Haut von der Atmosphäre abgeschlossen ist, so würde der Wasserdampf, welchen die vielarmigen und andern Zellen dieses Parenchyms abgeben, alsbald die Lücken und Gänge erfüllen, und es wäre dadurch jede weitere Ausdünstung verhindert. Es muß daher eine direkte Verbindung mit der das Blatt umspülenden äußern Luft hergestellt sein, es muß die Haut des Blattes Durchlässe besitzen, welche den Wasserdampf ausströmen lassen. Als solche Durchlässe aber sind die schon wiederholt erwähnten Spaltöffnungen anzusehen.

Die Spaltöffnungen entstehen in der Weise, daß aus einer bestimmten Zelle der Haut durch Einschieben einer Scheidewand zunächst ein Zellenpaar hervorgeht. Indem dann die eingeschobene Scheidewand zerklüftet und die Kluft sich erweitert, bildet sich ein kurzer, die Haut durchsetzender Kanal aus, welcher die Verbindung zwischen der äußern Luft und den luftgefüllten, beziehentlich dampfgefüllten Räumen im Innern des Blattes herstellt. Man nennt diesen kurzen Kanal den Porus der Spaltöffnung und bezeichnet die zwei Zellen, welche ihn begrenzen, als Schließzellen. Diese zwei Zellen regulieren nun das Ausströmen des Wasserdunstes, jenes Wasserdunstes, der von den zartwandigen Zellen des Schwammparenchyms in die angrenzenden Hohlräume und Gänge im Innern des Blattes ausgeschieden wird. Jener Hohlraum, welcher unmittelbar hinter dem engen, kurzen Kanale der Spaltöffnung ausgebildet ist und mit den andern weiter einwärts im grünen Gewebe des Blattes eingeschalteten Räumen durch Gänge zusammenhängt, wird Atemhöhle genannt.

Die Zahl der die Haut des Blattes durchbrechenden Spaltöffnungen oder Transpirationsporen ist eine sehr ungleiche. An den Blättern des Kohles (Brassica oleracea) kommen von denselben auf 1 qmm an der obern Seite nahezu 400, an der untern Seite über 700; an den Blättern des Ölbaumes auf den gleichen Flächenraum der untern Seite über 600. Auffallend wenig Spaltöffnungen zeigen die Fettpflanzen. An den Blättern der Hauswurz (Sempervivum tectorum) und des Mauerpfeffers (Sedum acre) treffen auf 1 qmm nur 10—20. In der Mehrzahl der Fälle hat man auf diesem Flächenraume zwischen 200 und 300 Spaltöffnungen gefunden. Die untere Seite eines Eichenblattes im Ausmaße von 50 qcm zeigt etwas über 2 Millionen Spaltöffnungen. Sie sind in den meisten Fällen ziemlich gleichmäßig über die ganze Blattoberfläche zerstreut; an den Blättern der Gräser und der Nadelhölzer sowie an den grünen Stengeln der Schachtelhalme bilden sie geradlinige, regelmäßige Längsreihen, an den Blättern einiger Steinbrecharten (Saxifraga

sarmentosa, Japonica rc.) erscheinen sie auf einzelne kleine Felder des Blattes zusammengedrängt, und an den Blättern der Begonien sind meistens zwei und zwei genähert zu sehen. Selbstverständlich sind sie vorzüglich dort entwickelt, wo unter der Haut ein Schwammparenchym sich ausgebildet hat, und da dieses in der Mehrzahl der Fälle an der untern Seite der Blätter liegt, so ist auch die größte Menge der Spaltöffnungen an dieser Blattseite zu finden.

An den meisten flächenförmig ausgebreiteten Blättern, deren eine Seite dem Himmel, deren andre der Erde zugewendet ist, fehlen die Spaltöffnungen der Oberseite des Blattes vollständig und sind nur auf die Unterseite beschränkt. Eine Ausnahme hiervon machen die scheibenförmigen, flachen Blätter, welche auf dem Wasser schwimmen, wie namentlich jene des Laichkrautes (Potamogeton natans), des Froschbisses (Hydrocharis Morsus ranae) und der Seerosen (Nymphaea, Nuphar, Victoria), die auf der obern Seite mit Spaltöffnungen übersäet sind, während sie auf der untern, dem Wasser aufliegenden Seite derselben vollständig entbehren. An den aufrechten Blättern der Schwertlilien, des Asphodills, der Amaryllis und verschiedener andrer Zwiebelpflanzen, ebenso an den mit ihrer Fläche vertikal gestellten blattartigen Bildungen der neuholländischen Akazien, endlich auch an einigen nadelförmigen Blättern der Koniferen sind die Spaltöffnungen an beiden Seiten in nahezu gleich großer Zahl vorhanden. Auch an den Mimosen und verschiedenen andern Gewächsen, welche mit den Mimosen die Eigentümlichkeit gemein haben, daß ihre Blättchen infolge eines äußern Reizes die Lage ändern, werden an beiden Blattseiten zahlreiche Spaltöffnungen gefunden.

Die meisten Spaltöffnungen sind in geöffnetem Zustande elliptisch; weit seltener begegnet man rundlichen und sehr in die Länge gestreckten, fast linealen Formen. Die Länge der Spaltöffnungen schwankt zwischen 0,02 und 0,08, die Breite zwischen 0,01 und 0,08 mm; die größten Spaltöffnungen zeigen Nadelhölzer, Orchideen, Lilien und Gräser, die kleinsten die Seerosen, die Ölbäume und einige Feigenbäume.

Die Spaltöffnungen in der Haut, die darunterliegenden Gänge und Hohlräume, in welche die dünnwandigen Zellen des grünen Gewebes Wasser ausdünsten, die Stränge, durch welche der Saft von den Wurzeln herauf zu dem grünen Gewebe geleitet wird, greifen wie die verschiedenen Teile einer Maschine ineinander. Eine Vorrichtung stützt und bedingt zugleich die andern, und immer ist das nächste Ergebnis der gemeinsamen Arbeit die Hebung jener flüssigen Nahrung, welche von den Saugzellen der Wurzeln in das Innere der Pflanze gelangte. In der Hauptsache ist demnach das Resultat der Transpiration dasselbe, welches auch der Wurzeldruck erzielt, und man könnte meinen, daß (die Richtigkeit der oben gegebenen Erklärungen vorausgesetzt) entweder der Wurzeldruck oder die Transpiration überflüssig ist. Oder greifen vielleicht Transpiration und Wurzeldruck ergänzend ineinander; ist vielleicht das Verhältnis zwischen beiden Vorgängen so geregelt, daß die durch die Saugzellen aus dem Nährboden aufgenommene Flüssigkeit zu einer bestimmten Höhe emporgepreßt und von dort durch die Transpiration in noch größere Höhen befördert wird? Es würde sich dann der Vergleich mit der Hebung von Wasser aus einem Brunnen, der in einem rings von Gebirgen umschlossenen Thalbecken angelegt ist, aufdrängen. In der Tiefe des Beckens findet sich Grundwasser, welches durch die von den Bergen herabkommenden unterirdischen Zuflüsse genährt wird. Entsprechend dem Drucke dieser Zuflüsse, steigt das Wasser in den untern Erdschichten des Beckens bis zu einer gewissen Höhe empor. Der erwähnte Druck ist aber nicht stark genug, um das Wasser bis zur Oberfläche des Thalbeckens zu treiben, und um dasselbe zu gewinnen, ist es notwendig, ein Pumpwerk anzulegen, das bis zu jener Erdschicht hinabreicht, welche mit Grundwasser durchtränkt ist. Der Grundwasserstand ist aber ein andrer im Sommer, ein andrer im Winter, er hängt auch ab von der Menge der atmosphärischen Niederschläge auf den angrenzenden Bergen, welche großen Schwankungen unterliegen

kann. Es können Jahre kommen, in welchen das Grundwasser in den Brunnen fast bis zur obern Mündung emporsteigt, aber auch Jahre, in welchen nur die tiefsten Erdschichten des Thalbeckens Wasser führen. Das Pumpwerk, durch welches das Grundwasser gehoben werden soll, muß allen diesen Möglichkeiten Rechnung tragen und wird so einzurichten sein, daß die Saugpumpe bis zu dem erfahrungsgemäß tiefsten Stande des Grundwassers hinabreicht.

Ähnlich verhält es sich nun in der That mit der Transpiration der oberirdischen Teile einer Pflanze, die in ihrer Wirkung auf die von den Wurzeln aufgenommene flüssige Nahrung mit einer Saugpumpe verglichen werden kann. Es wäre eine völlig unzulängliche Einrichtung, wenn die durch Transpiration angeregte Saugwirkung nur bis zu dem höchsten Stande des durch den Wurzeldruck aufgetriebenen Wassers hinabreichen würde, und es muß Vorsorge getroffen sein, daß beim Nachlassen des Wurzeldruckes auch aus den tiefern Lagen Wasser zu den verdunstenden Zellen gehoben wird, ja daß sich unter Umständen die Wirkung der Transpiration bis zu den Saugzellen an den Wurzelenden erstreckt. Durch Versuche ist nachgewiesen, daß Pflanzen mit großen Laubblättern im Sommer durch Ausdünstung mehr Wasser verlieren, als durch den Wurzeldruck in den Stamm emporgepreßt wird, ohne daß doch die Blätter welk werden, woraus man den Schluß ziehen darf, daß sich zu gewissen Zeiten die Wirkung der Transpiration von den Blättern durch den Stamm bis hinab zu den Wurzelenden geltend macht. Auch ist es nachgewiesen, daß bei manchen Pflanzen gerade dann, wenn die lebhafteste Ausdünstung aus den Laubblättern stattfindet, gar kein oder doch nur sehr wenig Saft durch den Wurzeldruck in den Stamm emporgepreßt wird. Durchschneidet man die Rebe des Weinstockes im Hochsommer, zur Zeit, wenn die grünen Blätter längst ausgebildet sind und stark transpirieren, so ist von Thränen am Querschnitte des Stumpfes nichts zu sehen, es werden keine Tropfen emporgepreßt, die Gefäße führen keinen Saft, sondern verdünnte Luft, und es kann sogar Wasser von diesen Gefäßen durch den Stumpf in der Richtung gegen die Wurzel zu eingesogen werden.

Damit sind aber auch Anhaltspunkte gegeben, um sich ein klares Bild der **Beziehungen zwischen Transpiration und Wurzeldruck** zu verschaffen. Sind die Bedingungen für eine ausgiebige Verdunstung aus den oberirdischen Teilen der Pflanze gegeben, ist die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt, und zeigen die ausdünstenden Teile der Pflanze eine entsprechende Flächenentwickelung, so tritt die Wirkung des Wurzeldruckes in den Hintergrund, die Wirkung der Transpiration in den Vordergrund, und die ganze Saftbewegung wird dann von der Transpiration beherrscht. Sind dagegen die Verhältnisse für die Verdunstung aus den oberirdischen Teilen der Pflanze ungünstige, ist die Luft sehr feucht, oder sind die Zweige der Pflanze noch nicht belaubt, so tritt der Wurzeldruck in Wirksamkeit und kann, unterstützt von Zellen mit saugendem Inhalte, welche in höhern Stockwerken der Pflanze eingeschaltet sind, den Saft bis zu den Wipfeln der Bäume und zu den Gipfeltrieben der den Winter über blattlosen Reben emporbringen. **Insofern vermag demnach der Wurzeldruck die Transpiration periodisch zu vertreten und zu ersetzen**, was an Orten mit zeitweilig sehr feuchter Luft und in Gebieten, wo die Bäume und Lianen im Herbste ihre Blätter abwerfen und bei Beginn der nächsten Vegetationsperiode noch kein neues Laub und somit auch keine genügend großen ausdünstenden Flächen besitzen, von größter Wichtigkeit ist. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich im Herbste, zur Zeit der Einwinterung, gewisse Zellen der Bäume und Lianen mit Stoffen versorgen, welche im kommenden Frühlinge eine sehr kräftige Saugwirkung ausüben. Es würde sich dadurch auch teilweise erklären, daß im Frühlinge an noch unbelaubten Bäumen und Reben ein so starker Saftauftrieb stattfindet, und daß das Wasser sogar zu den Gipfeltrieben von 100 m langen Lianen, welche im Herbste ihr Laub abgeworfen haben, hingeleitet wird.

Ein vollständiger Ersatz der Transpiration durch den Druck der saugenden Zellen findet bei Schimmelbildungen, bei dem schon früher erwähnten Thränenschwamme, überhaupt bei blattlosen Sporenpflanzen statt; möglicherweise auch bei den des grünen Laubes und der Spaltöffnungen entbehrenden Orchideen und andern Verwesungspflanzen sowie bei der früher (S. 233) besprochenen Monotropa, welche mit dem Mycelium von Pilzen in einer so seltsamen Verbindung steht. Bei den meisten grün belaubten Blütenpflanzen ist dagegen ein vollständiger, länger dauernder Ersatz der Transpiration durch den Wurzeldruck nicht von Vorteil. Die Erfahrung hat gezeigt, daß grün belaubte Pflanzen, wenn sie längere Zeit in einem dunstgesättigten Raume gehalten werden, nicht weiterwachsen, sondern krank werden, die Blätter verlieren und zu Grunde gehen, und zwar geschieht dies auch dann, wenn Beleuchtung, Temperatur der Luft und des Bodens, Zusammensetzung und Feuchtigkeitszustand des Erdreiches, kurz alle Lebensbedingungen, für die betreffende Pflanze die denkbar günstigsten sind. Daraus geht aber hervor, daß es für die belaubte Pflanze durchaus nicht gleichgültig ist, wie der Saft in die Blätter gelangt, ob er durch Transpiration in dieselben eingeführt oder durch den Wurzeldruck in dieselben hineingepreßt wird. Wenn das Blatt ausdünstet, so wird nur Wasser in Dampfform an die Atmosphäre abgegeben; alle die Stoffe, welche im Wasser gelöst aus der Tiefe herauf in das Blatt gelangten, bleiben in den Zellen des Blattes zurück. Wird dagegen durch den Wurzeldruck flüssiges Wasser aus den Poren der Blätter herausgepreßt, so finden sich in den herausgepreßten Tropfen immer auch Salze, Zucker und andre Verbindungen, welche mit dem Wasser die Zellwände in gelöstem Zustande passieren. Handelt es sich darum, Zucker als Anlockungsmittel für Insekten oder Salze als schützende Kruste auszuscheiden, so wird eine solche Absonderung nicht zum Nachteile ausschlagen und ist vielmehr in der Ökonomie der ganzen Pflanze begründet. Wenn das aber nicht der Fall ist, und wenn Stoffe, die in dem Blatte bei der Bildung organischer Substanzen eine Rolle zu spielen haben, mit den Wassertropfen ausgeschieden werden und sich die Tropfen dann von der Oberhaut ablösen und zur Erde träufeln, so ist das ein Substanzverlust, welcher der Pflanze nicht zum Vorteile, sondern zum Nachteile gereicht.

Damit ist aber auch die Bedeutung der Transpiration erklärt. Durch die Transpiration gelangt nicht nur Wasser aus der Tiefe in die höher gelegenen Pflanzenteile, es gelangen durch sie auch die Nährsalze in gelöstem Zustande in die von Licht und Luft umgebenen grünen Gewebe der Zweige und Blätter. Die Hauptmasse des emporsteigenden Wassers hat nur die Bedeutung eines Transportmittels für diese aus dem Boden in die Pflanze gelangten mineralischen Salze; nachdem es in die Blätter gekommen, verdunstet es zum größten Teile wieder in die Atmosphäre; die von ihm in die grünen Gewebe transportierten Salze aber bleiben dort zurück, um sich bei den chemischen Vorgängen zu beteiligen, durch welche aus den Rohstoffen organische Verbindungen erzeugt werden. Sie sind dort unentbehrlich, und insofern ist auch die Transpiration unentbehrlich. Ohne Transpiration wäre die Ernährung derjenigen Pflanzen, deren grüne Zweige und Blätter von Luft umspült werden, es wäre die Ernährung der Bäume, welche, was Massenhaftigkeit anlangt, allen andern Pflanzen vorausgehen, unmöglich, und es ist daher die Transpiration als einer der wichtigsten Lebensvorgänge in den Erdpflanzen anzusehen.

---

2. Regulierung der Transpiration.

Inhalt: Förderungsmittel der Ausdünstung. — Freihaltung der Bahn für den Wasserdampf.

Förderungsmittel der Ausdünstung.

Die Wasserpflanzen transpirieren nicht. Sie bedürfen daher weder leitender Holzbündel noch Spaltöffnungen. Unter Wasser wachsen auch keine Bäume und Sträucher, selbst die größten Florideen und die riesigsten Tange entbehren des Holzes, entbehren der Spaltöffnungen. Desto wichtiger sind dagegen diese Gebilde für die Erdpflanzen, und sie sind an denselben auch in einer geradezu unerschöpflichen Mannigfaltigkeit entwickelt. Wenn man erwägt, wie sehr Feuchtigkeit und Temperatur der Luft, also gerade jene Zustände der Atmosphäre, die auf die Ausdünstung der Pflanzen Einfluß nehmen, fortwährend wechseln, so wird diese Mannigfaltigkeit auch durchaus nicht überraschen. Welche unendliche Reihe von Abstufungen von der feuchten Luft tropischer Küstenlandschaften bis zu den trocknen Wüsten im Innern der großen Kontinente, welche Verschiedenheit der Temperaturen in den verschiedenen Zonen und Regionen und in den wechselnden Jahreszeiten, welche Unterschiede selbst auf engem Raume in einem einzigen kleinen Thale zwischen den Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft und des Bodens in der Tiefe einer schattigen Schlucht und an dem sonnigen, felsigen Bergabhange! An dem einen Orte ist die Luft mit Wasserdunst so gesättigt, daß eine Verdunstung aus Wasseransammlungen, geschweige denn aus Pflanzen gar nicht stattfinden kann; an einer andern Stelle ist sie so trocken, und es wirkt dort die Sonne so kräftig, daß die Pflanzen das von ihrer Oberfläche verdunstende Wasser durch Ansaugen aus dem Boden kaum zu ersetzen im stande sind. Im erstern Falle werden daher Einrichtungen getroffen sein müssen, welche die Transpiration möglichst zu fördern im stande sind, im letztern Falle dagegen ist es von Wichtigkeit, daß eine zu weit gehende, mit dem Vertrocknen und Absterben der Pflanze endigende Ausdünstung verhindert werde.

Was zunächst die Förderungsmittel der Transpiration anlangt, so besteht eins derselben in der Ausbildung recht vieler Zellen, deren Oberfläche in möglichst großer Ausdehnung mit der atmosphärischen Luft in Berührung steht, und die so organisiert sind, daß dunstförmiges Wasser aus ihnen entbunden werden kann. Weiterhin ist es noch von Wichtigkeit, daß der Luftzutritt zu diesen Zellen nicht erschwert ist, und daß ein möglichst großer Teil derjenigen Zellgruppen, welche der Transpiration dienen, von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Daß sämtliche von der Luft umspülte Zellen eines Blattes unbeschränkt Wasser in Dunstform an die Atmosphäre abgeben, kommt wohl nur an den zartlaubigen Moosen, die keine Spaltöffnungen haben, vor. Bei den mit Spaltöffnungen versehenen belaubten Pflanzen erscheinen die Außenwände der Oberhautzellen, die dem Anpralle der bewegten Luft direkt ausgesetzt sind, fast immer etwas dicker als die innern und seitlichen Wände; zudem ist die Außenwand mit dem schon wiederholt erwähnten für Wasserdampf schwer durchgängigen Häutchen, das man Kutikula genannt hat, überzogen. An den Farnen der tropischen Zone, zumal an den Baumfarnen, welche in den von Wasser durchströmten, engen, windgeschützten Schluchten vegetieren und dort ihre Wedel in einer ununterbrochen feuchtwarmen Luft ausbreiten, sind diese Außenwände so zart und dünn und erscheinen mit einer so schwachen Kutikula überzogen, daß sie sofort Wasser ausdünsten, wenn die Feuchtigkeit der Luft nur einigermaßen unter den vollen Sättigungsgrad herabsinkt, und sobald nur ein flüchtiger Sonnenstrahl auf kurze Zeit in die Schlucht einfällt.

Abgesehen von solchen Fällen, ist die Wasserabgabe durch die Zellen der Oberhaut eine kaum nennenswerte und ist dieselbe fast gänzlich auf die Zellen des Schwammparenchyms beschränkt. In diesem findet man allerdings die auffallendsten Einrichtungen, welche als Förderungsmittel der Transpiration aufgefaßt werden müssen. Zunächst ist dort, wo die Ausdünstung gefördert werden soll, das grüne, schwammige Gewebe ungemein mächtig entwickelt, die lufterfüllten Lücken und Gänge, welche das Netz der vielarmigen Zellen labyrinthisch durchsetzen, sind ausgedehnt und zahlreich, und die Gesamtoberfläche aller von Luft bestrichenen Zellen im Innern des Blattes besitzt einen mehrfach größern Umfang als die Außenfläche der Oberhaut. Die Blätter mancher ununterbrochen von feuchtwarmer Luft umgebener tropischer Pflanzen, wie z. B. der brasilischen Franciscea eximia, von welcher in der Abbildung, S. 256, ein Durchschnitt vorliegt, bestehen fast in ihrer ganzen Dicke nur aus einem lockern, weitmaschigen Schwammparenchym, und es ist begreiflich, daß aus den Zellen dieses Gewebes sofort Wasser ausdünstet, sobald die Temperatur des Blattes durch die auffallenden Sonnenstrahlen über die Temperatur der umgebenden, wenn auch sehr feuchten Luft um einige Grade erhöht wird.

In vielen solchen Pflanzen, welche einer Förderung der Transpiration an ihrem Standorte dringend bedürfen, sind die Lücken und Hohlgänge des Schwammparenchyms an bestimmten Stellen, nämlich dort, wo die meisten Spaltöffnungen entwickelt sind, auffallend vergrößert und erweitert. Der Unterschied, den solche Stellen im Vergleiche zu den andern Blattteilen mit dichter zusammengedrängtem Schwammparenchym aufweisen, ist schon für das unbewaffnete Auge zu erkennen. Sieht man ein solches Blatt von oben an, so erscheinen die großlückigen Partien des Schwammparenchyms als hellere Makel in der dunkelgrünen Grundfarbe; das Blatt erscheint weißfleckig und scheckig. So verhält es sich nicht nur an vielen Pflanzen feuchter tropischer Wälder, sondern auch an Gewächsen der gemäßigten Zone, wie namentlich an den Arten der Gattung Cyclamen, an der gelben Taubnessel (Galeobdolon luteum), dem Lungenkraute (Pulmonaria officinalis) und manchmal auch an dem Leberkraute (Hepatica triloba), wenn nämlich dessen Stöcke an recht schattigen Orten im feuchten Waldgrunde stehen. Es darf hier allerdings nicht unerwähnt bleiben, daß nicht allen weißen Flecken und Streifen an den grünen Blättern, welche man unter dem Namen „Panaschüre" zusammenfaßt, dieselbe Ursache zu Grunde liegt. Bei jenen nesselartigen Gewächsen, die unter dem Namen Boehmeria bekannt sind, werden die weißen Flecke auf dem Mittelfelde der Laubblätter durch eigentümliche das Licht reflektierende, in den Oberhautzellen sich ausbildende Kristalldrusen, die sogenannten Cystolithen, bei einigen Piperaceen dadurch, daß Gruppen von Zellen der Oberhaut luftgefüllt sind und die grünen Palissadenzellen unter ihnen fehlen, und wieder bei andern durch die Ausbildung des später noch zu besprechenden Wassergewebes bedingt. Bei vielen jener Pflanzen mit panaschierten Blättern, welche man als Dekorationspflanzen so häufig kultiviert, ist diese Erscheinung auch keine normale, sondern ist als Krankheit aufzufassen und steht mit der Transpiration in keinem Zusammenhange.

Da erfahrungsgemäß die Ausdünstung der grünen Blätter durch Licht und Wärme gefördert wird, so ist es für alle jene Gewächse, zu welchen die Sonnenstrahlen nur in beschränktem Maße Zutritt haben, von Vorteil, wenn ihre Blattflächen recht groß werden und eine solche Gestalt und Lage haben, daß dadurch das spärlich einfallende Licht vollständig ausgenutzt werden kann. Wenn 1000 grüne Zellen auch nur mäßig durchleuchtet werden, so ist die Wirkung am Ende dieselbe, wie wenn 500 Zellen von einem doppelt so starken Lichte getroffen werden. Mag diese Schlußfolgerung auch nicht auf alle Pflanzen passen, für einen Teil derselben hat sie gewiß ihre volle Gültigkeit, und Thatsache ist es, daß die an schattigen, feuchten Stellen wachsenden Pflanzen sich

durch verhältnismäßig großes, zartes, dünnes Laubwerk auszeichnen. Auch sind an solchen Stellen die Laubblätter horizontal ausgebreitet, ebenflächig, nicht runzelig, weder zurückgerollt noch aufgebogen und werden am zweckmäßigsten Flachblätter genannt. Betreten wir einmal einen dichten Wald in der nördlich gemäßigten Zone, etwa im südlichen Deutschland. Neben zartblätterigen Farnen erheben sich über den Waldgrund Lärchensporne (Corydalis fabacea, solida, cava), Zahnwurzarten (Dentaria bulbifera, digitata, enneaphyllos), Bingelkraut (Mercurialis perennis), Muschelblümchen (Isopyrum thalictroides), Walderbse (Orobus vernus), Waldmeister (Asperula odorata), Mondviole (Lunaria rediviva), Einbeere (Paris quadrifolia), Aronsstab (Arum maculatum), Seidelbast (Daphne Mezereum) und noch so manche andre den verschiedensten Familien angehörende Arten, die aber sämtlich in dem einen Merkmale miteinander übereinstimmen, daß sie Flachblätter haben, und daß ihnen ein Überzug aus Haaren fehlt. Rieselt ein Bach durch den schattigen Wald, so erheben sich an dessen Ufern Springkraut (Impatiens Nolitangere), Bärenlauch (Allium ursinum), Knotenfuß (Streptopus amplexifolius) und das mächtige Blattwerk der Pestwurz (Petasites officinalis), alle wieder durch ihr glattes, ebenflächiges, großes Blattwerk ausgezeichnet. An solchen Standorten findet man im südlichen Deutschland überhaupt die umfangreichsten Laubblätter. Die Blattflächen der Pestwurz erreichen die Länge von über 1 m und eine Breite, welche 1 m nahezu gleichkommt. Ähnliches Ausmaß erreichen an solchen Stellen auch die Wedel des Adlerfarnes (Pteris aquilina), und in verhältnismäßig rauhen Gebirgsschluchten trifft man im Grunde schattig-feuchter Erlenwäldchen noch einen Farn (Polypodium alpestre), dessen Wedel die Länge von $1^1/_2$ m zeigen. Sie besitzen dieses Ausmaß ihrer Blätter aber nur an den bezeichneten Standorten in der feuchten Luft des schattig-kühlen Waldes. Man sollte erwarten, daß unter sonst gleich bleibenden Verhältnissen außerhalb des Waldes infolge des Einflusses höherer Temperatur die Blätter ein üppigeres Wachstum zeigen und einen noch größern Umfang gewinnen würden, was aber durchaus nicht der Fall ist. In der weniger feuchten Luft, im Sonnenscheine an dem nicht beschatteten Bachufer, werden die Blätter der genannten Pestwurz kaum halb so groß wie in der benachbarten schattigen, kalten Schlucht, aus deren Dämmerlichte der Bach in die offene Landschaft herausfließt, und auf sonnigen Geländen erreichen auch die beiden genannten Farne nicht annähernd jene Größe, zu welcher sie, umgeben von kalter, feuchter Luft, in der Tiefe des Erlengehölzes ausgewachsen sind.

Dieser Gegensatz in dem Größenverhältnisse der ausgewachsenen Blätter an den Stöcken einer und derselben Art, je nachdem sie an besonnten Orten mit trockner Luft oder an schattigen Standorten mit feuchter Luft unter sonst gleichen Verhältnissen gewachsen sind, geht mitunter so weit, daß der ganze physiognomische Eindruck der Pflanze ein andrer wird, und daß man leicht glauben könnte, verschiedene Pflanzenarten vor sich zu haben. Exemplare der Convallaria Polygonatum, welche in schattigen, von Bächen durchrieselten Auen sich entwickelt haben, zeigen Blätter, die wenigstens dreimal so groß sind als jene, welche in der guten feuchten Erde auf den Gesimsen steiler, von Wasser berieselter Felswände gedeihen und dort den ganzen Tag von der Sonne beschienen werden. Es könnte dieses Verhältnis noch an zahlreichen andern Pflanzen der mitteleuropäischen Flora, welche sich bald in schattigen, feuchten Wäldern, bald auf besonnten Gefilden finden, erläutert werden; es genügen aber wohl die obigen Beispiele, um mit denselben die Thatsache zu konstatieren, daß die Laubblätter an schattigen Orten in feuchter Luft trotz geringerer Wärmemenge, welche ihnen dort geboten wird, und auch dann, wenn die Feuchtigkeit des Erdreiches eine geringere ist, dennoch einen größern Umfang annehmen als an besonnten Orten, wo eine trocknere Luft die Blätter umspült.

Eine scheinbare Ausnahme findet man nur dort, wo diese Pflanzen aus dem Bereiche des Waldes in die alpine Region verschlagen werden. Auf den sonnigen Halden des Monte Baldo in Venetien, weit über der Holzgrenze, grünt ein Lärchensporn (Corydalis fabacea) mit derselben Üppigkeit wie im schattigen Waldgrunde des niedern Hügellandes, und an einer Stelle der Solsteinkette in Tirol erheben sich über das Gerölle in einer Seehöhe von 1800 m Bingelkraut und gelbe Taubnessel, Baldrianarten, Seidelbast und Farne mit demselben Umfange ihrer Blätter wie im Waldesschatten der Tiefregion. Diese Ausnahmen sind aber, wie gesagt, nur scheinbare. Dort, wo diese Pflanzen auf den lichtumflossenen Höhen in der Alpenregion gedeihen, ist die Luft gerade so feucht wie im Grunde des Waldes um 1000 m tiefer im Thale. Wochenlang wallen dort oben Nebel um die Gehänge, und die Luft ist daselbst gewiß nicht trockner als im Walde des Thales. Ja, es ist der Umstand, daß Pflanzen, welche man als Bewohner der schattigen Wälder in den Thalgründen anzusehen gewohnt ist, in der alpinen Region an nicht beschatteten Stellen mit gleichem Umfange und gleicher Form des Laubes gedeihen, sogar ein Beweis dafür, daß diese Gewächse im Waldesschatten der Tiefregion nicht infolge der Beschattung, sondern wegen der größern Luftfeuchtigkeit, welche dort herrscht, ein so großes Laub erhalten. Die Pflanze sucht eben durch Ausbildung einer umfangreichen transpirierenden Fläche den nachteiligen Einfluß der größern Luftfeuchtigkeit zu paralysieren, sei es im Schatten des Waldes, sei es auf den lichten Höhen der Berge. Insofern kann man die Vergrößerung der Blattfläche unbedingt auch als ein Förderungsmittel der Transpiration ansehen.

Noch viel auffallender als in der gemäßigten Zone tritt dieses Förderungsmittel der Transpiration in der Tropenzone in Kraft. Namentlich an den bezeichnendsten Pflanzenformen der Tropen, an den Palmen, kann man die Beobachtung machen, wie die Größe der Blattflächen mit dem Feuchtigkeitszustande der Luft innig zusammenhängt, und wie gerade in jenen Gebieten, wo infolge der Sättigung der Luft mit Wasserdampf die Pflanzen nur schwierig transpirieren, die Palmen die größten Blätter entwickeln. In den feuchtesten Strichen Ceylons erhebt die riesige Corypha umbraculifera, von welcher auf S. 265 eine Abbildung nach einer an Ort und Stelle von Ransonnet ausgeführten Zeichnung eingeschaltet ist, ihren Stamm über die Kronen aller andern Gewächse und entwickelt ihre Blattflächen in einem Längenausmaße von 7 bis 8 und in einer Breite von 5 bis 6 m. An ähnlichen Orten entfaltet in Brasilien die Tupatipalme (Raphia taedigera) ihre Wedel gleich einem riesigen Federbusche. Schon der Stiel jedes Blattes schiebt sich 4—5 m vor, und die grün gefiederte Blattmasse erreicht eine Länge von 19 bis 22 und eine Breite von 12 m, das größte Ausmaß, welches an einem Pflanzenblatte bisher beobachtet wurde. Andre Palmen, welche ihre Wedel jahraus jahrein in der feuchtwarmen Atmosphäre wiegen, geben übrigens diesen Riesen nur wenig nach. Unter einem Blatte der Talipotpalme können zehn Personen mit Leichtigkeit Platz und Schutz finden, und wenn man sich die Fiederblätter der Sagopalme in den Straßen unsrer Städte an die Häuser angelehnt denkt, würden sie mit ihrer Spitze das zweite Stockwerk erreichen, und es wäre möglich, über die Fiedern dieser Blätter wie über die Sprossen einer Leiter zu den Fenstern dieses Stockwerkes emporzuklettern. Viele dieser Palmenblätter, aufrecht gestellt, würden sich mit der Höhe unsrer Waldbäume messen können. An allen diesen Palmblättern ist die Oberhaut nur wenig verdickt, das Schwammparenchym gut entwickelt, die Spaltöffnungen in großer Zahl vorhanden und die Flächen der Blätter so gegen die auffallenden Sonnenstrahlen gerichtet, daß sie in ihrem ganzen Umfange ausgiebig durchleuchtet und durchwärmt werden können. Die besonnten Blätter werden förmlich geheizt, und so kann selbst in der dunstgesättigten Atmosphäre der Tropen das unumgänglich nötige Maß der Transpiration erreicht werden. Ähnliche Verhältnisse wie an den Palmen beobachtet man an den Aroideen und Bananen.

Auch diese zeigen die umfangreichsten Blätter in der mit Wasserdampf gesättigten oder nahezu gesättigten Atmosphäre an den Rändern stehender oder fließender Gewässer und in der dumpfig feuchten, unbewegten Luft des tropischen Urwaldes.

Daß aber jene Sumpfpflanzen, welche in dem stets feuchten Schlamme am Boden von Seen und Teichen wurzeln, deren Stengel und Blattstiele direkt vom Wasser umflutet werden, und deren Blattspreiten der Wasserfläche aufliegen, wie beispielsweise die Seerosen (Nymphaea, Victoria), der Froschbiß (Hydrocharis Morsus ranae) und die seerosenähnliche Villarsie (Villarsia nymphoides), Förderungsmittel der Transpiration bedürfen, ist selbstverständlich. Die Spreite der Blätter ist bei allen diesen Pflanzen scheibenförmig, die Blattscheiben liegen nebeneinander platt dem Wasserspiegel auf, und oft sind weite Strecken der Seen und Teiche mit den schwimmenden Blättern dieser Gewächse förmlich tapeziert. Die ganze obere Seite eines jeden Blattes kann von den Sonnenstrahlen getroffen und so das Blatt durchleuchtet und durchwärmt werden. Die untere Seite der Blattscheiben ist violett gefärbt durch einen Anthokyan genannten Farbstoff, der uns später noch ausführlicher beschäftigen wird, und von welchem hier nur so viel erwähnt werden muß, daß er das Licht in Wärme umsetzt und dadurch wesentlich mithilft, die Blattscheiben zu erwärmen. Der Wasserdampf, welcher



Corypha umbraculifera auf Ceylon. (Nach Ransonnet.) Vgl. Text, S. 264.

sich infolgedessen entwickelt, kann aus den großen Luftlücken, welche die Blattscheiben durchziehen, nicht nach unten entweichen, da die untere, auf dem Wasser liegende und vom Wasser benetzte Seite keine Spaltöffnungen besitzt. Nur die obere Seite, welche mit Spaltöffnungen so reichlich versehen ist, daß auf 1 qmm 460 und auf ein einziges Seerosenblatt im Ausmaße von $2^1/_2$ qdm beiläufig $11^1/_2$ Millionen kommen, bietet einen Ausweg, und es ist daher von Wichtigkeit, daß dieser Weg zur Zeit der Transpiration nicht versperrt ist. Wenn der Regen auf die obere Seite der schwimmenden Blattscheiben unbehindert niederfällt, so könnte das Regenwasser längere Zeit auf der obern Seite angesammelt zurückbleiben und sich auch dann noch dort erhalten, wenn nach dem Regen die Sonnenstrahlen aus dem Gewölke hervorbrechen, die schwimmenden Blätter erwärmen und zur Transpiration anregen. Damit das vermieden werde, ist die Einrichtung getroffen, daß die obere Seite der schwimmenden Blattscheiben nicht netzbar ist. Die auffallenden Regentropfen bilden auf derselben Wasserperlen und zerfließen nicht auf der Blattfläche. Damit aber auch diese Wasserperlen nicht längere Zeit auf dem Blatte bleiben, ist bei mehreren hierher gehörigen Formen, so namentlich bei der weitverbreiteten Seerose (Nymphaea alba), die Scheibe dort, wo sie dem Stiele aufsitzt, etwas erhöht und ist der Rand der Blätter etwas wellenförmig hin- und hergebogen. Es entstehen dadurch am Umfange der Scheibe sehr flache Vertiefungen, durch welche bei der geringsten schaukelnden Bewegung die Wassertropfen von der Mitte des Blattes zum Rande abrollen, um sich dort mit dem Wasser zu vereinigen, welchem die Blätter aufliegen.

Diese Wellung des Blattrandes hat bei den Seerosen eine Erscheinung im Gefolge, welche zwar mit dem hier behandelten Thema nicht unmittelbar zusammenhängt, aber doch so interessant ist, daß sie nicht unerwähnt bleiben darf. Wenn man zur Mittagszeit bei hellem Sonnenscheine mit einem Kahne über die stille Bucht eines Sees fährt, auf deren Spiegel sich die Blattscheiben der Seerosen ausbreiten, so sieht man, vorausgesetzt, daß das Wasser bis zum Grunde hinab klar ist, unten die Schatten der auf dem Wasserspiegel schwimmenden Blätter abgezeichnet. Aber man traut kaum seinen Augen; das scheinen nicht die Schatten von Seerosenblättern, sondern die Schatten der Wedel mächtiger Fächerpalmen zu sein; von einem dunkeln Mittelfelde strahlen lange dunkle Streifen aus, und diese sind durch ebensoviel helle Bänder voneinander geschieden. Der Grund dieser auffallenden Schattenbildung liegt nun eben in dem welligen Rande des auf dem Seespiegel schwimmenden Blattes. Das Seewasser adhäriert der ganzen untern Blattscheibe bis zum Rande und zieht sich auch an den nach oben gewölbten Teilen des welligen Randes empor. In diesen emporgezogenen Wasserpartien bricht sich der Sonnenstrahl wie in einer Linse, und so bildet sich, entsprechend jedem konvexen Abschnitte des gewellten Blattrandes, am Grunde des Sees ein heller Streifen, während den konkaven Abschnitten dunkle Streifen entsprechen, die sich strahlenförmig um das dunkle Mittelfeld des Schattens gruppieren.

Freihaltung der Bahn für den Wasserdampf.

Damit das Ausströmen von Wasserdampf ungehindert vor sich gehen kann, sind bei allen Gewächsen, welche Spaltöffnungen besitzen, besondere Einrichtungen getroffen. Die größte Gefahr für das unbehinderte Ausströmen droht von seiten des Wassers, welches als Regen und Tau auf die Oberfläche der Blätter gelangt, wenn dasselbe den Spaltöffnungen unmittelbar auflagern kann. Die Weite offener Spaltöffnungen würde das Eindringen des Wassers durch Haarröhrchenwirkung nicht unmöglich machen. Solange Licht und Wärme Einfluß nehmen, solange die Temperatur im Bereiche des Schwammparenchyms höher ist als jene der umgebenden Luft, solange infolgedessen Wasserdampf im Bereiche

des Schwammparenchyms entwickelt und mit Gewalt durch die Spaltöffnungen hinausgetrieben wird, ist freilich an ein solches Eindringen nicht zu denken; es kann doch unmöglich auf dem gleichen Wege und durch die gleiche Pforte Wasserdampf ausströmen und gleichzeitig flüssiges Wasser einströmen. Wenn aber nach Untergang der Sonne infolge der Strahlung das Laub rasch abkühlt und sich Tau niederschlägt, oder wenn ein kalter Regen auf die Blätter niederrieselt und die Spaltöffnungen sich nicht schnell genug geschlossen haben sollten, so wäre es immerhin möglich, daß Wasser eindringt, ähnlich so, wie in eine Retorte, deren Röhre in Wasser taucht, und deren Inhalt durch Unterstellen einer Lampe zum Verdampfen gebracht wurde, sofort das Wasser eindringt, wenn man die erwärmende Lampe entfernt und die Blase der Retorte samt ihrem Inhalte sich abkühlt. Wenn man aber auch von der Möglichkeit eines solchen Eindringens von Wasser absieht, so viel steht außer Frage, daß schon das Auflagern und Anhaften einer Wasserschicht an den Zellen in der unmittelbaren Umgebung der Spaltöffnungen für die betreffende Pflanze einen großen Nachteil bilden würde und zwar nicht nur mit Rücksicht auf die Transpiration, sondern auch für das unbehinderte Aus- und Einströmen der Gase zum Behufe später noch zu besprechender Vorgänge. *Die nächste Umgebung der Spaltöffnungen, die Bahn für den Wasserdampf muß daher frei sein, es dürfen sich derselben keine Wasserschichten auflagern und vorlagern.*

Die Spaltöffnungen sind viel zu klein, um sie mit unbewaffnetem Auge sehen zu können. Dennoch kann man durch einen sehr einfachen Kunstgriff ermitteln, wo an einem Blatte oder an einem grünen Zweige die Spaltöffnungen sich befinden. Man taucht ein Zweigstück oder ein Blatt in Wasser, zieht es nach einiger Zeit wieder heraus, schüttelt und schwenkt es leicht hin und her und sieht dann nach, welche Stellen genetzt wurden und welche ungenetzt geblieben sind. Wo das Wasser anhängt, zerflossen ist und eine adhärierende Schicht bildet, da sind gewiß keine Spaltöffnungen in der Haut zu finden, wo aber der Zweig oder das Blatt trocken geblieben ist, da kann man sicher sein, Spaltöffnungen anzutreffen. An achtzig unter hundert Fällen wird bei diesem Experimente nur die obere Blattseite genetzt, während die untere trocken bleibt, an zehn unter hundert Fällen bleiben beide Seiten trocken, und wieder an zehn unter hundert Fällen bleibt die obere Seite trocken, während die untere genetzt wird. Dem entspricht auch der Befund, daß in der weitaus größten Mehrzahl der Fälle die untere Seite die meisten Spaltöffnungen birgt, während die obere frei von denselben ist. Es liegt nahe, dieses Verhältnis so zu deuten, daß die obere Seite am meisten dem Regen ausgesetzt wird, und daß die Spaltöffnungen aus diesem Grunde sich an der gegen Regen geschützten untern Seite zusammendrängen. Diese im ersten Augenblicke so wahrscheinlich klingende Erklärung entspricht aber durchaus nicht dem wahren Sachverhalte. Die Erörterung der Gründe, warum es für die Pflanze von Vorteil ist, wenn die obere Blattseite frei von Spaltöffnungen ist, kann freilich erst später an die Reihe kommen; aber das eine ist doch schon hier zu besprechen, daß die dem Boden zugewendete Blattseite, welche in den meisten Fällen sämtliche Spaltöffnungen vereinigt, nichts weniger als trocken bleibt. Das Regenwasser kommt auf diese Seite der horizontal gestellten Flachblätter allerdings nur in jenen Fällen, wo der Blattrand so gebaut ist, daß sich die netzende und adhärierende Wasserschicht allmählich von der Oberseite zur Unterseite hinüberzieht, und das ist im ganzen genommen nur selten der Fall; desto wichtiger aber ist für diese Blattseite die Benetzung durch den Nebel und den Tau. Da man bei Spaziergängen über Feld und Wiese an einem taufrischen Morgen in der Regel nur die nach oben gewendete Seite der Blätter zur Ansicht bekommt, so kann man leicht verführt werden, zu glauben, daß sich nur an dieser Seite Tau ansetzt. Wir gebrauchen auch das Wort „Taufall“ und sagen, daß sich der Tau „niederschlägt“. In beiden Ausdrücken birgt sich die Vorstellung, daß der Tau

ähnlich wie der Regen herabsinkt, und daß nur die obere Blattseite mit Perlen belegt wird. Man braucht aber nur die Blätter umzukehren, um sich zu überzeugen, daß die untere Seite nicht weniger als die obere betaut ist; ja, man wird bei näherm Zusehen sogar finden, daß für die untere Seite der Tau noch weit mehr in Betracht kommt als für die obere, weil er dort viel länger zurückbleibt. Wenn die Sonne schon hoch am Himmel steht, die Tautropfen von der obern Blattseite längst weggeleckt wurden und die Transpiration bereits im vollen Gange ist, kann man die untere Seite noch immer mit Tau beschlagen finden. Wenn nun aber in der Mehrzahl der Fälle die Spaltöffnungen an der untern Blattseite liegen, und wenn diese Seite der Wassergefahr nicht weniger ausgesetzt ist als die obere, so wird es erklärlich, warum sich gerade auf der untern Seite des Blattes die Einrichtungen, welche das Vordringen der Nässe bis zu den Spaltöffnungen verhindern sollen, weit häufiger finden als an der Oberseite.

Die wichtigsten dieser Einrichtungen aber sind folgende:

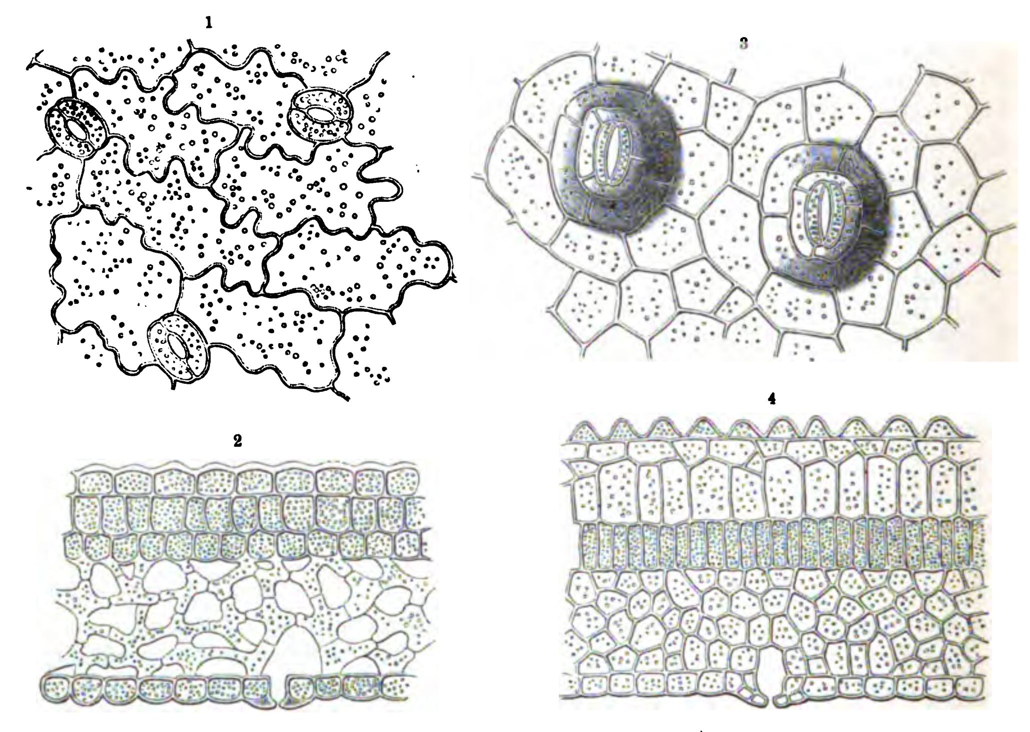
Zunächst der Wachsüberzug. Derselbe erscheint entweder als ein mehlartiger Beschlag, oder als eine der Oberhaut fest anliegende feine Kruste, oder am häufigsten als eine unendlich dünne, abwischbare Schicht, als ein zarter Anhauch, welcher im Volksmunde den Namen „Reif" erhalten hat. Eine Gruppe von Primeln, deren Arten den Gebirgsgegenden und den Mooren der Niederungen angehören, und als deren verbreitetste und bekannteste Vertreterin die Primula farinosa gelten kann, trägt rosettig gestellte, dem feuchten Boden aufliegende Blätter, und die Unterseite dieser Blätter zeigt einen weißen Beleg, der sich unter dem Mikroskope als ein Haufwerk von kurzen Stäbchen und Kügelchen einer wachsartigen Masse herausstellt. Pflückt man das Blatt einer solchen Primel ab, hält es eine Zeitlang unter Wasser und zieht es dann an die Luft, so erscheint die obere, von Spaltöffnungen ganz freie Seite mit einer zerflossenen Wasserschicht genetzt, während die untere Seite, an welcher sich unter dem mehligen Beschlage die Spaltöffnungen finden, ganz trocken bleibt. Die untere Seite der Blätter mehrerer die feuchten, nebelreichen Flußufer bewohnender Weiden (Salix amygdalina, purpurea, pruinosa) sowie einer großen Zahl von Binsen, Simsen und rohrartigen Gräsern ist mit einer feinen, anliegenden Wachsschicht bedeckt. Wenn man zur Zeit des stärksten Taues durch ein Weidengebüsch oder durch ein Ried streift, so kann man sehen, daß an der untern Seite der Blätter zwar reichlich Wassertröpfchen anhängen, daß sie aber diese Seite nicht eigentlich netzen und nicht zerfließen, sondern bei der leisesten Erschütterung abrollen und abfallen, womit wohl zusammenhängt, daß man nicht leicht bei einer Wanderung durch pflanzenbewachsenes Gelände so gründlich durchnäßt wird, wie bei einem Besuche von Weidenauen und Wiesenmooren. Bekannt sind auch die zwei weißen Streifen an der untern Seite der Tannennadeln, welche gleichfalls aus einem Wachsüberzuge bestehen und die Benetzung der darunter befindlichen Spaltöffnungen verhindern. An den Wachholderarten (z. B. Juniperus communis, nana, Sabina) finden sich dagegen die zwei weißlichen Wachsstreifen an der obern Seite der Blättchen, und es ist interessant, zu sehen, wie hier auch die Verteilung der Spaltöffnungen wieder eine entsprechende ist; denn der Wachholder gehört zu jenen Pflanzen, bei welchen die Unterseite des Blattes frei von Spaltöffnungen ist, während die Oberseite genau so weit, wie der Wachsüberzug reicht, mit Spaltöffnungen besäet ist. Auch mehrere Gräser, auf welche aus andern Gründen später nochmals zurückzukommen sein wird (z. B. Festuca punctoria), haben nur an der obern Blattseite die Spaltöffnungen und zwar genau so weit, wie diese Seite mit Wachsstreifen belegt ist. Überhaupt ist der Wachsüberzug dasjenige Sicherungsmittel gegen Benetzung, das für den Fall des Vorkommens von Spaltöffnungen an der obern Blattseite am häufigsten zur Ausbildung gekommen ist. Die Blätter der Erbsen, der Kapuzinerkresse, des Geißblattes, des Mohnes, des Erdrauches, der Wachsblume, mehrerer

Nelken, des Kohles, des Waides und noch zahlreicher andrer Schotengewächse, welche an der Oberseite der Blätter Spaltöffnungen haben, sind dort auch mit Wachs überzogen, und man kann sich leicht überzeugen, daß über die obere Seite eines Kohlblattes das aufgegossene Wasser gerade so wie über den Hals und Rücken einer Ente oder eines Schwanes in Tropfenform abrollt, ohne die Fläche zu netzen. Auch an den Wedeln von Farnen (z. B. Polypodium glaucophyllum und sporodocarpum), an den aufrechten Blättern der Schwertlilien (Iris germanica, pumila, pallida) sowie an den vertikal gestellten Blättern und Blattästen vieler neuholländischer Akazien und Myrtaceen, endlich auch an den gertenförmigen, aufrechten, blattlosen oder blattarmen Schmetterlingsblütlern (Retama, Spartium) ist der Benetzung der Spaltöffnungen durch Wachsüberzug vorgebeugt.

Ein andres Mittel, wodurch dem Vordringen des Wassers bis zu den Spaltöffnungen eine Schranke gesetzt wird, ist die Ausbildung von Haaren. Wir kommen auf diese Gebilde, welche im Haushalte der Pflanzen eine so vielseitige Verwendung finden, noch wiederholt zurück, und es ist hier nur derjenigen haarigen und filzigen Überzüge zu gedenken, welche die Aufgabe haben, die Benetzung der Spaltöffnungen zu verhindern. In dieser Beziehung aber sind als Beispiele zunächst mehrere in Wassergräben und Sümpfen wachsende Malvaceen (z. B. Althaea officinalis), dann einige Himmelbrandarten (z. B. Verbascum Thapsus, phlomoides) zu nennen, deren Blätter nicht nur an der untern, sondern auch an der obern Blattseite mit Spaltöffnungen versehen und dem entsprechend auch an beiden Seiten mit haarigen, nicht netzbaren Überzügen versehen sind. Auf den feuchten Wiesen in den Voralpenthälern wächst eine Flockenblume (Centaurea Pseudophrygea), deren große, beiderseits behaarte Blätter sehr uneben und stark runzelig sind. Die Spaltöffnungen sind auf die Vertiefungen zwischen den Runzeln beschränkt. Fällt Regen, oder beschlägt sich das Blatt mit Tau, so bleibt das Wasser in Perlenform an den Härchen der erhöhten Stellen hängen, die Hautzellen in den Gruben und Vertiefungen werden aber nicht genetzt. Auch an mehreren Alpenpflanzen, wie z. B. an dem zottigen Habichtskraute (Hieracium villosum), erscheinen nach Regen- oder Taufall zwar die von den Blättern abstehenden langen Haare ganz dicht mit Tauperlen besetzt, zu der darunter befindlichen spaltöffnungsreichen Oberhaut aber vermag keiner der Wassertropfen zu gelangen.

Besonders hervorzuheben ist hier auch der Umstand, daß Pflanzen mit zweifarbigem Laube, namentlich solche, deren Blätter oberseits grün, kahl, frei von Spaltöffnungen und von Wasser netzbar, unterseits weiß oder grau behaart, reich an Spaltöffnungen und von Wasser nicht benetzbar sind, an den Ufern der Gewässer besonders häufig vorkommen. In den lichten Gehölzen, welche in den Thalflächen der Gebirgsgegenden die Gestade der Flüsse besäumen, also an Orten, wo an jedem Sommerabende Nebel ziehen, die alle Zweige, Blätter und Halme mit Wassertröpfchen beschlagen, gedeihen als bezeichnendste Arten die Grau-Erle (Alnus incana) und die graue Weide (Salix incana), und als Unterholz findet man dort allenthalben die Himbeere, durchweg Pflanzen, welche mit dem eben beschriebenen zweifarbigen Laube geschmückt sind. Und treten wir aus dem Bereiche des Ufergehölzes auf die angrenzende Wiese, durch welche das frische Wasser einer Quelle rieselt, und wo nach hellen Nächten noch bis zur Mittagszeit des folgenden Tages alles von Tau trieft: da ist so recht die Heimat für die Kräuter und Stauden mit oberseits grünen und unterseits weißen Flachblättern, da gedeihen in größter Üppigkeit die Kratzdisteln mit unterseits weißfilzigem Laube (z. B. Cirsium heterophyllum und canum), da erhebt sich die ulmenblätterige Spierstaude (Spiraea Ulmaria) mit ihren zweifarbigen, großen Blättern, und da ist das ganze Rinnsal des Quellbaches eingefaßt mit den Blättern des Huflattichs (Tussilago Farfara), welche man geradezu als Vorbilder für zweifarbige Flachblätter hinstellen könnte.

Welcher Gegensatz, wenn wir vielleicht noch um tausend Schritt weiter in die hoch gewölbten Hallen eines geschlossenen Waldes eintreten, wo sich im schattigen Grunde wenig oder gar kein Tau bildet, und wo die über dem braunen Erdreiche sich ausbreitenden Blätter auch niemals einer Durchnässung ausgesetzt sind! Dort gibt es kein zweifarbiges Laub, keine Blätter, die oberseits grün und kahl und unterseits weißfilzig erscheinen, ebenso wie dort auch Pflanzen fehlen, welche gleich der auf den Mooren wachsenden Primula farinosa eine mit Wachsschichten dick belegte untere Blattspreite aufweisen würden. Dagegen finden sich daselbst Farne, wie z. B. der nordische Rippenfarn (Blechnum Spicant), deren Blätter mit Spaltöffnungen versehen sind, die gänzlich ungeschützt auf dem Scheitel wellenför-



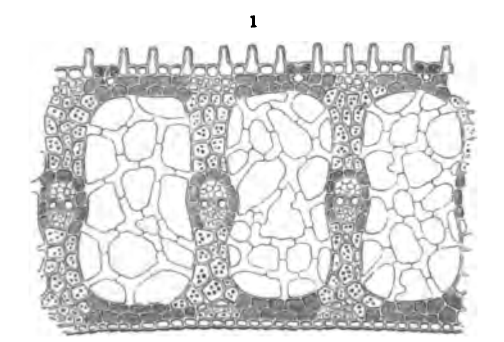
Spaltöffnungen: 1. Flächenansicht eines Stückes aus dem Wedel des Farnes Nephrodium Filix mas. — 2. Querschnitt durch dieses Stück. — 3. Flächenansicht eines Stückes aus dem Blatte von Peperomia arifolia. — 4. Querschnitt durch dieses Stück; 350fach vergrößert.

miger Vorwölbungen des Blattes münden. Aber nicht nur in den kühlen Gegenden des Nordens, auch in den tropischen Landschaften wiederholt sich dieser Gegensatz in betreff des Laubes an den Pflanzen der offenen Sumpflandschaft und jenen des Waldinnern. Auch dort findet man unter dem geschlossenen Laubdache mächtiger Bäume, wo die nächtliche Ausstrahlung verhindert ist und der Tau fehlt, niemals Gewächse mit unterseits weiß behaarten Blättern, wohl aber solche mit ganz ungeschützten, auf erhabenen, vorgewölbten Punkten der Oberhaut mündenden Spaltöffnungen, wie z. B. an Pomaderis phylicifolia und an den Blättern der Pfefferarten, z. B. der Peperomia arifolia (s. obenstehende Abbildung, Fig. 3, 4).

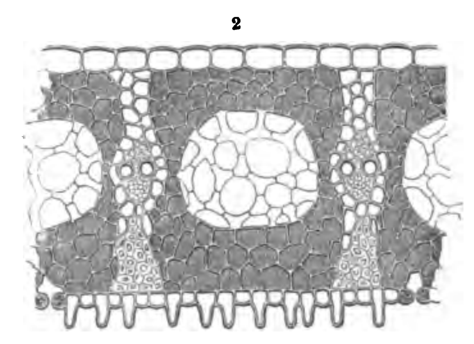
Eine sehr merkwürdige Einrichtung, durch welche die Spaltöffnungen vor Nässe bewahrt werden, besteht darin, daß die Oberfläche der von ihnen durchsetzten Haut mit unzähligen papillen- oder zapfenförmigen Hervorragungen und dazwischen ebenso unzähligen Vertiefungen versehen ist. Fallende Tropfen rollen über solche Flächen ab; das

Wasser vermag die atmosphärische Luft aus den Vertiefungen nicht zu verdrängen, und es erscheinen daher Blätter und Stengel, soweit ihre Oberhaut die angedeuteten Unebenheiten zeigt, mit einer dünnen Luftschicht überzogen. Da die Spaltöffnungen in den kleinen Vertiefungen liegen, so bleiben sie stets unbenetzt und kommen selbst dann mit dem Wasser nicht in Berührung, wenn der betreffende Pflanzenteil ganz untergetaucht wird. Die Unebenheit des Blattes wird entweder dadurch veranlaßt, daß sich die Außenwände eines Teiles der Hautzellen stark nach außen wölben, oder aber in der Weise, daß sich von den Hautzellen und zwar von jener Verdickungsschicht der Außenwand, die man Kutikula nennt, zapfenförmige (nicht hohle) Vorsprünge erheben, an welchen die Luft so fest adhäriert, daß sie selbst durch starken Druck des Wassers nicht entfernt werden kann. Den durch papillenartig vorgewölbte Hautzellen gebildeten Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe findet man insbesondere bei Sumpfpflanzen, welche einem wechselnden Wasserstande ausgesetzt sind. Im Ufergelände der Bäche und Flüsse und auch dort, wo aufsteigendes Grundwasser Tümpel und Teiche bildet, kann es vorkommen, daß die Pflanzen wochenlang unter Wasser gesetzt, dann aber wieder Monate hindurch von

1



2

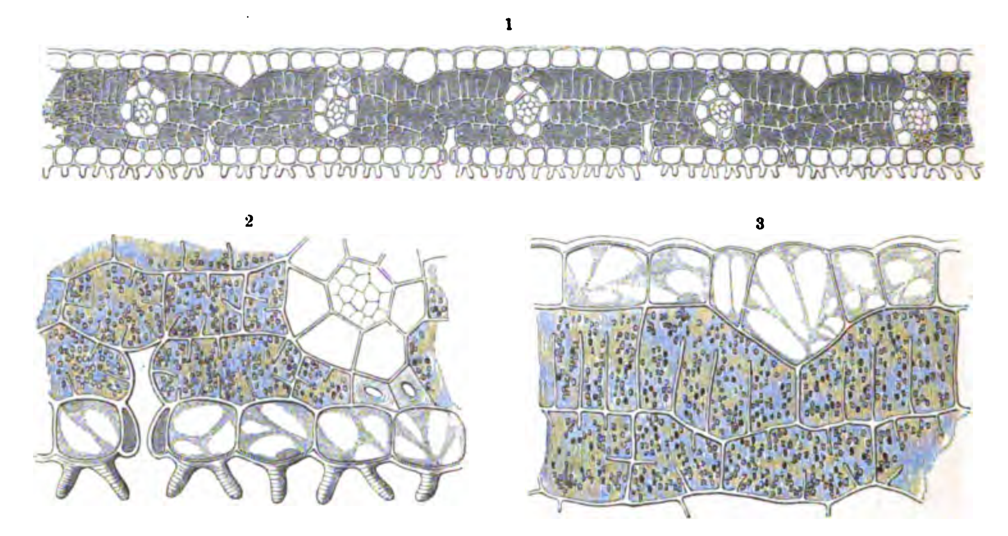


Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe durch papillenartig vorgewölbte Hautzellen: 1. Querschnitt durch ein Stück des Blattes von Glyceria spectabilis. — 2. Querschnitt durch ein Stück des Blattes von Carex paludosa; 200fach vergrößert.

Luft umspült werden. Die Mehrzahl der an solchen Orten wachsenden Pflanzen, insbesondere die Riedgräser (z. B. Carex stricta und paludosa), die Binsen (z. B. Scirpus lacustris), die meisten hochwüchsigen, rohrartigen Gräser (Glyceria spectabilis, Phalaris arundinacea, Eulalia japonica), dann die in Gesellschaft der Riedgräser wachsenden Stauden (z. B. Lysimachia thyrsiflora, Polygonum amphibium) und noch viele andre Sumpfpflanzen, sind der Gefahr, daß ihre Spaltöffnungen während der Zeit des Untergetauchtseins benetzt werden, dadurch entrückt, daß ein Teil der Hautzellen in der Umgebung der Spaltöffnungen papillenartig vorgewölbt ist, wie es die obenstehende Abbildung zur Anschauung bringt.

Die Bambus sowie die den Bambus so ähnlichen Gräser Arundinaria glaucescens und Phyllostachys bambusoides, weiterhin einige Riedgräser (z. B. Carex pendula) zeigen dagegen die erwähnten zapfenförmigen Auswüchse der Kutikula, wie sie am Durchschnitte des Blattes einer Bambusa in Abbildung, S. 272, zu sehen sind. Taucht man ein solches Bambusblatt unter Wasser, so sieht man ein überraschendes Bild. Die Oberseite, welche frei von Spaltöffnungen, dunkelgrün und mit ebenflächiger, glatter Haut versehen ist, wird in ihrem ganzen Umfange genetzt, behält ihre dunkle Farbe und erscheint glanzlos; an der untern Seite dagegen, welche mit Spaltöffnungen besäet, bläulichgrün und mit Tausenden von Kutikularzapfen besetzt ist, läßt sich die Luft durch das Wasser nicht verdrängen, und es erglänzt diese mit einer Luftschicht überzogene Seite unter Wasser wie

blankes poliertes Silber! Man kann das Blatt unter Wasser schwenken und schütteln, so viel man will, man kann dasselbe auch wochenlang unter Wasser lassen, die silberglänzende Luftschicht wird nicht verdrängt. Zieht man ein solches Blatt dann aus dem Wasser, so ist zwar die Oberseite ganz genetzt, die Unterseite aber ist so trocken geblieben wie eine Hand, die man in Quecksilber getaucht und wieder hervorgezogen hat, und nicht das kleinste Tröpfchen Wasser ist an dieser untern Seite des Bambusblattes hängen geblieben. Bringt man einen mit Wasser gefüllten Becher, in welchem Bambusblätter bis zur Mitte in die Flüssigkeit versenkt sind, unter die Luftpumpe und pumpt die Luft aus, so lösen sich sofort von dem untergetauchten Teile der Blätter zahlreiche Luftbläschen los. Jetzt verschwindet endlich auch der Silberglanz, und die Luft zwischen den Kutikularzapfen wird durch Wasser ersetzt. Taucht man hierauf das Blatt nicht nur bis zur Mitte, son-

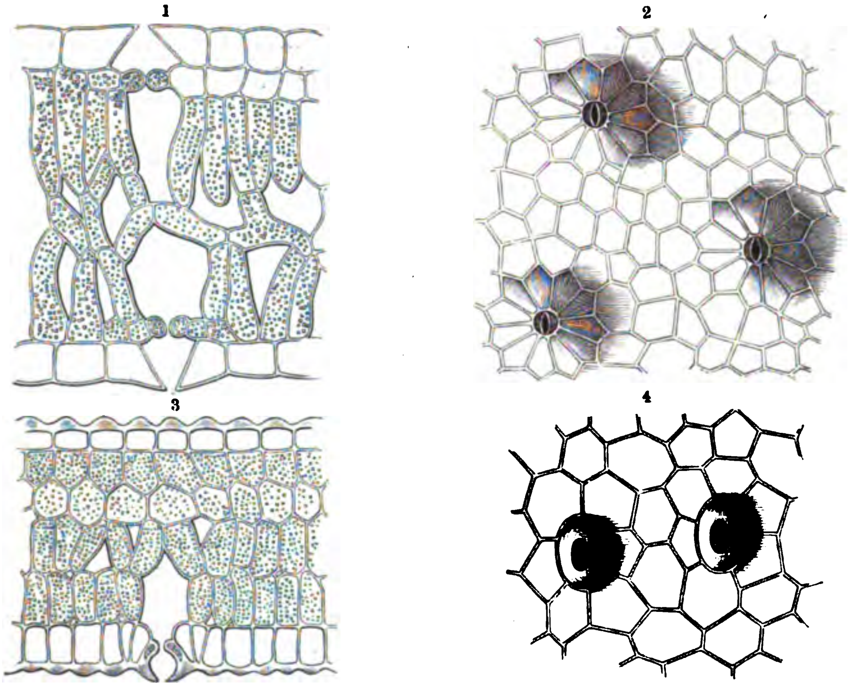


Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe durch Kutikularzapfen: 1. Querschnitt eines Bambusblattes; 180mal vergrößert. — 2. Ein Stück aus dem untern Teile des Querschnittes; 460mal vergrößert. — 3. Ein Stück aus dem obern Teile des Querschnittes; 460mal vergrößert. Vgl. Text, S. 271.

dern ganz unter das Wasser, so erscheint der Silberglanz nur an jenem Teile, welcher früher nicht unter Wasser war, wo daher auch die ausgepumpte Luft nicht durch Wasser verdrängt werden konnte, wohl aber beim Öffnen des Hahnes der Luftpumpe durch eindringende andre Luft ersetzt wurde. Aus diesem Versuche läßt sich entnehmen, wie sehr die Spaltöffnungen durch Nässe gefährdet sein würden, wenn die betreffenden Pflanzen nicht durch die geschilderten, eine Luftschicht festhaltenden Kutikularzapfen gegen Benetzung geschützt wären.

Bei vielen im Sonnenscheine wachsenden Pflanzen und zwar ganz vorzüglich bei solchen, welche immergrünes Laub tragen, das nur zur Zeit des lebhaftesten Saftumtriebes starker Benetzung mit Wasser, später dagegen monatelang trockner Luft ausgesetzt ist, findet man die Einrichtung getroffen, daß die Spaltöffnungen mit einem Walle umgeben oder in besondere Gruben und Furchen eingesenkt sind. Schon an den sommergrünen Blättern mancher Pflanzen unsrer Flora, z. B. jenen der gelben Rübe (Daucus Carota), werden die Schließzellen der Spaltöffnung von den angrenzenden Oberhautzellen so überwölbt, daß dadurch eine Art Vorhof vor der eigentlichen Pforte gebildet ist. Man überzeugt sich leicht, daß Wassertropfen, die an solche Stellen kommen, nicht im stande sind, die Luft aus diesem Vorhofe zu verdrängen, und daher auch nicht bis zu den Schließzellen der Spaltöffnung

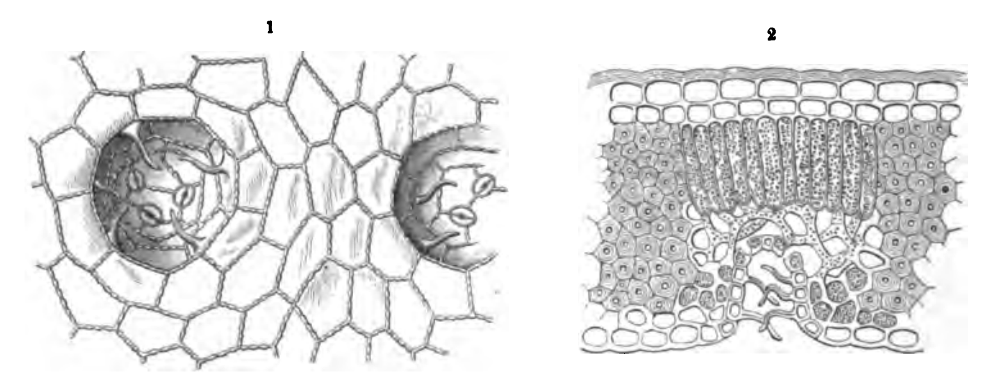
einzudringen vermögen. Bei Hakea florida und Protea mellifera (s. untenstehende Abbildung), zwei neuholländischen Sträuchern, verhält es sich ähnlich, doch sind da die Spaltöffnungen noch mehr überwölbt, so daß sie der auf die Blattfläche Sehende nur durch kleine Löcher an der Kuppel der Gewölbe beobachten kann. Auch die Spaltöffnungen an den grünen Zweigen der verschiedenen Arten von Meerträubel (Ephedra) sind von wallförmigen Vorsprüngen der Kutikula benachbarter Hautzellen umrandet und gleichzeitig etwas in die Tiefe versenkt, so daß über jeder Spaltöffnung ein amphorenartiger Raum entsteht, aus welchem das Wasser die Luft nicht zu verdrängen vermag. An den Blättern von Dryandra floribunda, einer in den Gebüschdickichten Neuhollands vorkommenden Proteacee, finden sich mehrere Spaltöffnungen (s. Abbildung, S. 274) im Grunde von Grübchen an der Unterseite



Überwölbte Spaltöffnungen neuholländischer Proteaceen: 1. Querschnitt durch ein Blatt der Hakea florida. — 2. Flächenansicht desselben Blattes; 320mal vergrößert. — 3. Querschnitt durch ein Blatt der Protea mellifera. — 4. Flächenansicht desselben Blattes; 360mal vergrößert. Vgl. Text, S. 287.

des Blattes, und es gehen von der Seitenwand der Grübchen haarförmige Gebilde aus, welche sich untereinander verstricken und einen lockern, zwar für Gase, nicht aber auch für Flüssigkeiten passierbaren Filz bilden. Ähnlich verhält es sich auch mit den Spaltöffnungen an den Blättern des Oleanders (Nerium Oleander). Auch diese finden sich im Grunde tiefer Gruben an der untern Blattseite, und auch da ist der Zugang zur Grube mit ungemein zarten, haarähnlichen Gebilden besetzt (s. Abbildung, S. 285). Der Oleander besäumt mit seinen immergrünen Büschen im südlichen Europa und im Oriente die Ufer der Bäche in offener, sonniger Landschaft und ist an seinem natürlichen Standorte gerade in jener Zeit, in welcher für ihn die Transpiration eine wahre Lebensfrage ist, der Benetzung durch Regen, Nebel und Tau am meisten ausgesetzt. Wenn sich aber die Blätter auch beiderseits mit einer Feuchtigkeitsschicht überziehen, in die grubenförmigen, mit Haaren ausgekleideten Vertiefungen, welche die Spaltöffnungen bergen, vermag doch niemals Wasser einzudringen, und die Transpiration ist daher selbst in der feuchtesten Periode des Jahres nicht gefährdet.

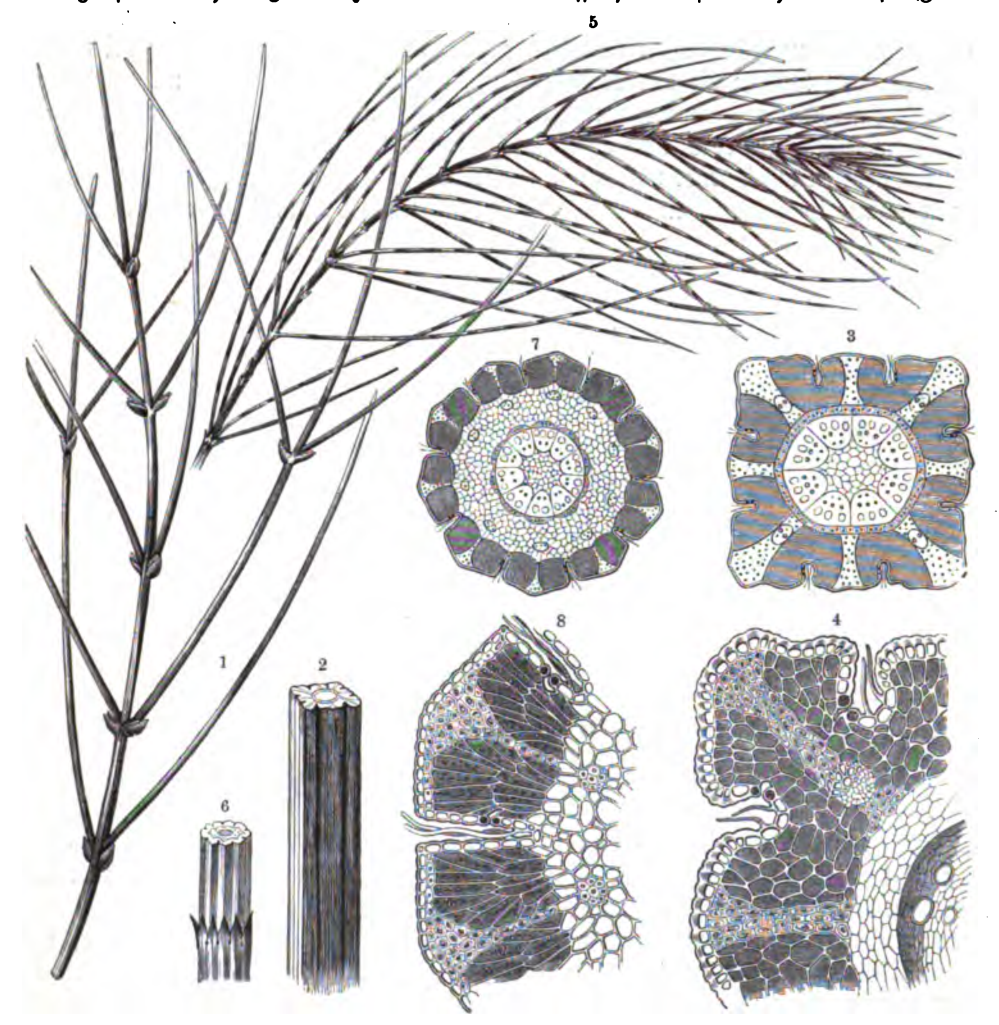
Auch die Spaltöffnungen, welche sich über dem grünen Gewebe an Stengeln und Flachsprossen finden, sind bei Pflanzen, deren lebhafteste Thätigkeit in die kurze Regenperiode fällt, häufig in Furchen, Rinnen und Gruben versteckt und dort durch die verschiedensten Einrichtungen gegen Benetzung gesichert. An den felsigen Gestaden des Gardasees und von diesen hinauf über alle Berglehnen bis zu den Höhen des Monte Baldo wächst in großer Menge der strahlige Geißklee (Cytisus radiatus), ein Strauch von ungewöhnlichem Aussehen (s. Abbildung S. 275). Seine Zweige sind nur mit Rudimenten von grünen Blättern besetzt, dafür aber selbst mit grünem Gewebe ausgestattet, welches die Rolle übernimmt, die an belaubten Pflanzen dem Diachym des Blattes zugeteilt ist. Diese grünen Zweige sind in unzählige paarweise gegenübergestellte, sparrig abstehende Zweiglein verästelt, von welchen sich in jedem neuen Lenze immer wieder junge ebenso gestellte und ebenso gestaltete Sprosse entwickeln. Zur Zeit, wenn diese Entwickelung stattfindet, ist die Nässe in jenem Teile der Südalpen, welchem der Monte Baldo angehört, eine sehr große. Insbesondere in der alpinen Region des genannten Höhenzuges, an den westlichen Abfällen



Spaltöffnungen in grubenförmigen Vertiefungen: 1. Flächenansicht eines Blattes von Dryandra floribunda. Ein Teil der die Gruben erfüllenden Haare ist entfernt, um die Spaltöffnungen ersichtlich zu machen; 350mal vergrößert. — 2. Querschnitt durch das Blatt der Dryandra floribunda; 300mal vergrößert. Vgl. Text, S. 273.

gegen den See zu, die ganz dicht mit dem in Rede stehenden Strauche überzogen sind, setzen Regen und Nebel bei trübem und Tau bei hellem Wetter große Mengen von Wasser auf den Boden und auf die den Boden bekleidenden Pflanzen ab. Da ist es wohl von Wichtigkeit, daß die grüne Rinde der rutenförmigen Zweige des strahligen Geißklees unbehindert transpirieren und atmen kann, und daß jede günstige Stunde, welche zu diesen so wichtigen Lebensthätigkeiten gegönnt ist, voll und ganz ausgenutzt wird. Auch hier handelt es sich vor allem wieder um Freihaltung der Bahn für den Wasserdampf, welcher aus den Spaltöffnungen entweichen soll. Zu diesem Behufe sind nun bei dem genannten Geißklee die Spaltöffnungen in luftgefüllten Furchen angebracht, welche sich in das grüne Gewebe einsenken und den grünen Zweigen ein gestreiftes Ansehen geben. Aus diesen engen Furchen, welche, sechs an der Zahl, an jedem grünen Zweige und Zweiglein hinauflaufen, vermag das Wasser die Luft nicht zu verdrängen; die Zweige können stundenlang unter Wasser getaucht bleiben, ohne daß eine Spur von Flüssigkeit in die Furchen eindringt. Überdies finden sich zur Abwehr des Wassers in diesen Furchen auch noch Haare, welche vom Wasser nicht netzbar sind, und an welchen die Luft ähnlich wie an den Kutikularzapfen der Bambusblätter adhäriert. Eine klare Ansicht dieser Vorrichtung gibt die Abbildung auf S. 275, namentlich die Querschnitte durch den Stengel, Fig. 3, 4. Der danebenstehende Querschnitt eines grünen Zweiges der neuholländischen Kasuarinee Casuarina quadrivalvis zeigt, daß auch diese seltsamen Gewächse ganz die gleiche Vorrichtung haben, daß nämlich auch da wieder

die Spaltöffnungen im Grunde enger Furchen liegen, welche sich entlang der grünen, blattlosen Zweige hinaufziehen, und daß in diesen Furchen ganz ähnlich wie in jenen des strahligen Geißklees eigentümliche Haarbildungen, an welchen die Luft adhäriert, die Wasserdichtigkeit erhöhen. Die Kasuarineen, welche mit ihrer Jahresarbeit in der sehr kurz bemessenen Regenperiode ihrer Heimat zu Ende kommen müssen, bedürfen während dieser Zeit des

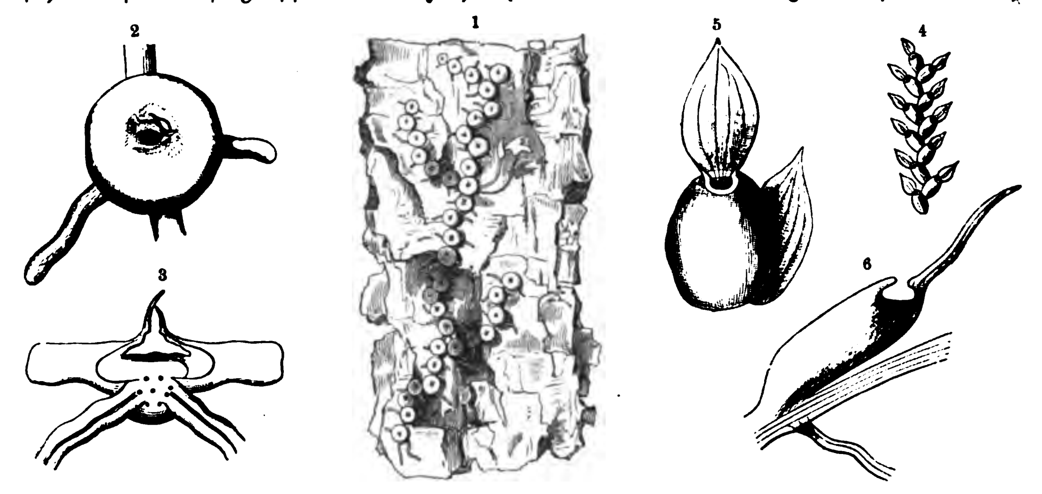


Spaltöffnungen in den Furchen grüner Stengel: 1. Zweig des strahligen Geißklees (Cytisus radiatus) in natürlicher Größe. — 2. Ein Zweigstück; 10mal vergrößert. — 3. Querschnitt durch diesen Zweig; 30mal vergrößert. — 4. Ein Teil desselben Querschnittes; 150mal vergrößert. — 5. Zweig der Casuarina quadrivalvis in natürlicher Größe. — 6. Ein Zweigstück; 8mal vergrößert. — 7. Querschnitt durch diesen Zweig; 30mal vergrößert. — 8. Ein Teil des Querschnittes; 130mal vergrößert. Vgl. Text, S. 274.

Schutzes einer unbehinderten Transpiration nicht weniger als der strahlige Geißklee in den Südalpen. Im ganzen genommen ist übrigens diese Vorrichtung doch nur eine ziemlich beschränkte und findet sich außer an den neuholländischen Kasuarineen und den mit dem strahligen Geißklee verwandten Arten (Cytisus holopetalus, purgans, ephedroides, equisetiformis, candicans, albus 2c.) nur noch an etwa zwanzig strauchigen Schmetterlingsblütlern, vorzüglich der spanischen Flora, aus den Gattungen Retama, Genista, Ulex, Sarrothamnus, merkwürdigerweise übrigens auch an einer durch die Gebirge des südlichen

und mittlern Europa, über die Heiden der baltischen Niederung, Dänemarks, Belgiens und Englands weitverbreiteten kleinen Ginsterart, der niedern Genista pilosa, bei der das Vorkommen dieser Vorrichtung um so befremdender ist, als ihre grünen, gefurchten und in den Furchen mit Spaltöffnungen ausgestatteten Zweige nicht blattlos, sondern mit verhältnismäßig gut entwickelten Laubblättern geschmückt sind.

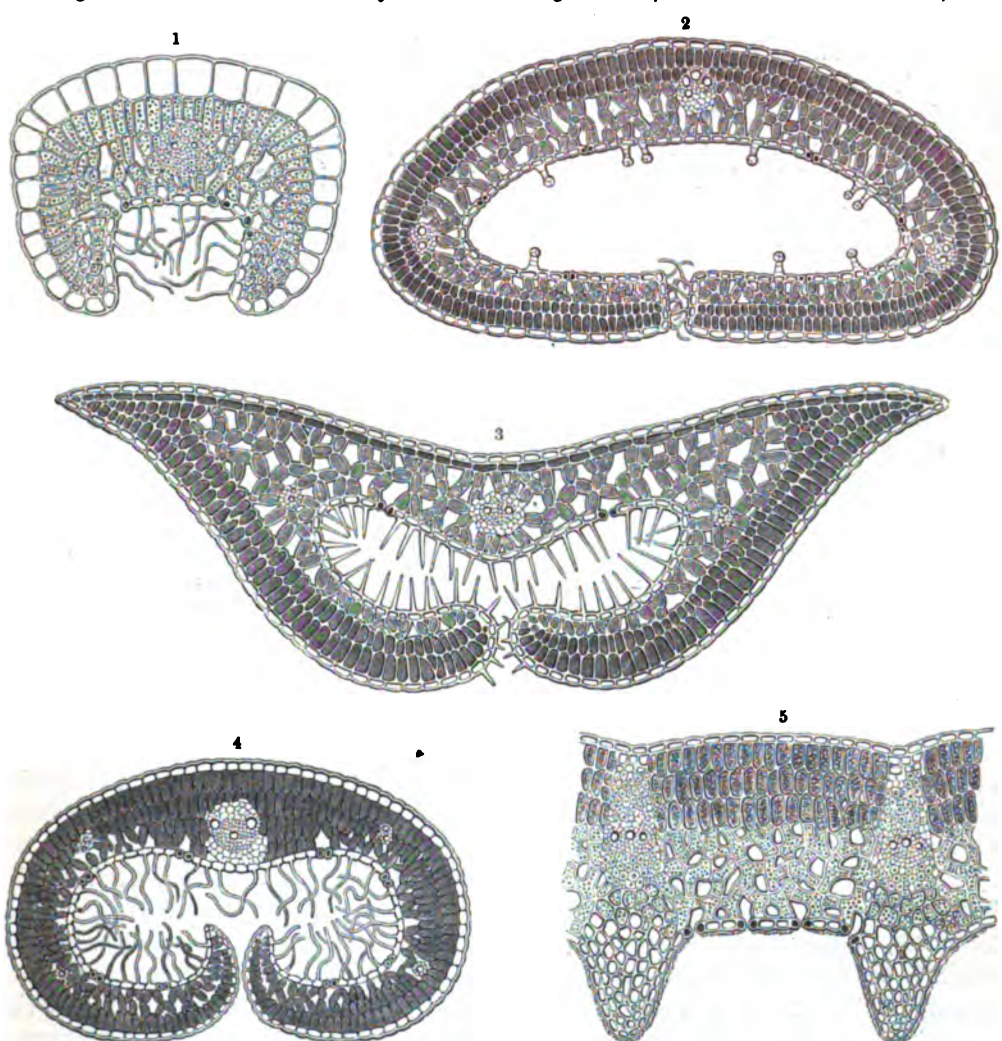
Zu den absonderlichsten Pflanzen, bei welchen die Spaltöffnungen in versteckten, für Benetzung unzugänglichen Winkeln geborgen sind, gehören auch zwei winzige Orchideen, von welchen die eine, Bolbophyllum minutissimum, gesellig mit Laubmoosen auf Sandsteinblöcken und an Baumrinden in den felsigen Schluchten bei Port Jackson und am Richmond River an der Ostküste Australiens, die andre, Bolbophyllum Odoardi, an ähnlichen Standorten auf Borneo vorkommt. Beide besitzen ein fadenförmiges Rhizom, welches sich mit paarweise gruppierten Würzelchen (von nur 2 bis 5 mm Länge und 0,3 mm Dicke)



Orchideen, deren Spaltöffnungen in Aushöhlungen der Knollen liegen: 1. Bolbophyllum minutissimum. — 2. Ein Knöllchen dieser Pflanze, von oben gesehen; 8mal vergrößert. — 3. Querschnitt durch dieses Knöllchen; 15mal vergrößert. — 4. Bolbophyllum Odoardi. — 5. Ein Knöllchen dieser Pflanze; 6mal vergrößert. — 6. Längsschnitt durch dieses Knöllchen; 6mal vergrößert.

den Steinen und Baumrinden anheftet. Über der Ursprungsstelle eines jeden Wurzelpaares sitzt ein scheibenförmiges Knöllchen von $1^1/_2$ bis 3 mm Durchmesser und $^1/_2$ mm Dicke, welches an der obern Seite ein kaum $^1/_{10}$ mm weites Loch zeigt, das in eine den scheibenförmigen Knollen aushöhlende Kammer von 0,5 mm Weite und 0,1 mm Höhe führt (s. obenstehende Abbildung). Die Blätter des Bolbophyllum minutissimum sind zu winzigen, etwa $^1/_2$ mm langen, spitzen Schüppchen reduziert, welche zu zweien am Rande des Loches sitzen und sich über dasselbe zusammenneigen. An Bolbophyllum Odoardi trägt jedes der scheibenförmigen Knöllchen nur ein grünes Blättchen, das $1^1/_2$ mm lang und 1 mm breit und hart an der Mündung des Loches postiert ist (s. Fig. 4, 5, 6). Die Spaltöffnungen finden sich ausschließlich nur im Innern der ausgehöhlten, scheibenförmigen Knöllchen. Durch die verengerte Mündung vermag Wasser in die luftgefüllte Höhle nicht einzudringen, und selbst dann, wenn in der Regenzeit der ganze Moosteppich, in welchem diese winzigsten aller Orchideen eingewoben sind, von Wasser geschwellt ist, kann die Transpiration, vorausgesetzt, daß die andern Bedingungen derselben erfüllt sind, ungehindert vor sich gehen. Daß dieselben Bildungen, welche in der feuchten Periode des Jahres die Benetzung der Spaltöffnungen hintanhalten, in einer später etwa folgenden Trockenperiode eine andre Funktion übernehmen können, ist selbstverständlich, und es soll hierauf später nochmals die Rede kommen.

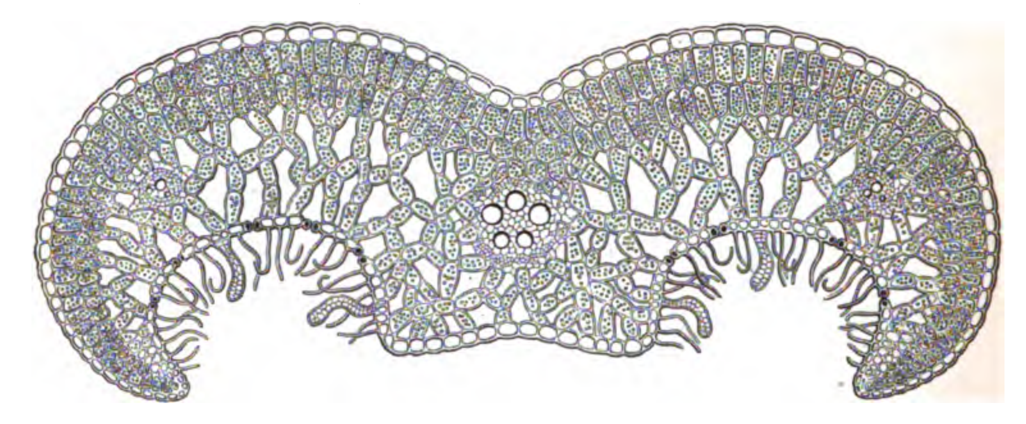
Mit der Fernhaltung des Wassers von den Spaltöffnungen hängt auch die Form des Rollblattes zusammen, welche bei so vielen Pflanzen der verschiedensten Familien beobachtet wird. Das **Rollblatt** ist immer ungeteilt, von geringem Umfange, häufig schmal-lineal, aber auch länglich-eiförmig, elliptisch und selbst kreisrund, stets starr, meistens auch immergrün und überdauert dann zwei bis drei Vegetationsperioden. Die Ränder desselben



Querschnitte durch Rollblätter: 1. Erica caffra; 280mal vergrößert. — 2. Empetrum nigrum; 160mal vergrößert. — 3. Andromeda tetragona; 150mal vergrößert. — 4. Tylanthus ericoides; 130mal vergrößert. — 5. Salix reticulata; 200mal vergrößert. Vgl. Text, S. 278, 279 u. 287.

sind hinabgebogen und mehr oder weniger zurückgerollt und zwar schon zur Zeit, wenn sie noch in der Knospe geborgen sind. Dadurch erscheint die untere, der Erde zugekehrte Seite mehr oder weniger ausgehöhlt, die obere, dem Himmel zugewendete Seite gewölbt. Manchmal ist das Blatt so stark gerollt, daß es eine förmliche Höhle umschließt, die nur durch einen ganz schmalen Spalt mit der Außenwelt in Verbindung steht, wie das z. B. bei der Rauschbeere (Empetrum) der Fall ist. Die zurückgerollten Blattränder stoßen bei dieser Pflanze fast ganz zusammen, und die Oberhaut der untern Blattseite bildet die innere

Auskleidung der durch Rollung entstandenen Höhlung (s. Abbildung, S. 277, Fig. 2). Schließen die eingerollten Ränder nicht so knapp zusammen, so erscheint an der untern Seite des Blattes eine Rinne, die je nach dem Grade der Rollung mehr oder weniger vertieft ist, wie beispielsweise an den Eriken (Erica caffra, vestita ꝛc., s. Abbildung, S. 277, Fig. 1). Mitunter entwickelt sich eine Rinne, welche in zwei seitliche, unter den eingerollten Rändern verlaufende Hohlkehlen geteilt ist, wie z. B. an den Blättern von Andromeda tetragona (s. Abbildung, S. 277, Fig. 3) und jenen der kapländischen Rhamnee Tylanthus ericoides (s. Fig. 4, S. 277). Das von den zurückgerollten Rändern eingerahmte Mittelfeld wird häufig auch in zwei Längsrinnen geteilt und zwar dadurch, daß das Gewebe unterhalb der Mittelrippe des Blattes als eine breite, kräftige Leiste vorspringt. Man sieht dann an der untern Seite drei in die Länge gestreckte parallele Wülste, einen mittlern, unter der Mittelrippe, und zwei seitliche, welche von den zurückgerollten Rändern gebildet werden. Rechts



Querschnitt durch das Rollblatt der niederliegenden Azalea (Azalea procumbens); 140mal vergrößert. Vgl. Text, S. 278 u. 287.

und links von dem mittlern Wulste liegen dann zwei tiefe Rinnen, die sich schon dem freien Auge als helle Streifen zwischen den dunkelgrünen Wülsten erkenntlich machen. So verhält es sich z. B. an den Blättern der auf der beigehefteten Tafel „Azaleenteppich auf den Höhen der Kjölen" in natürlicher Größe dargestellten Azalea procumbens, einer auch unter dem Namen Loiseleurea bekannten Erikacee, welche durch Labrador, Grönland, Island, Lappland, überhaupt durch das ganze arktische Gebiet, dann durch die Hochgebirge Skandinaviens, die Pyrenäen, Alpen und Karpathen weit verbreitet ist und überall, wo sie vorkommt, den Boden mit dicht geschlossenen Teppichen überzieht. Den Durchschnitt eines einzelnen Rollblattes dieser Pflanze hundertvierzigfach vergrößert zeigt obenstehende Abbildung.

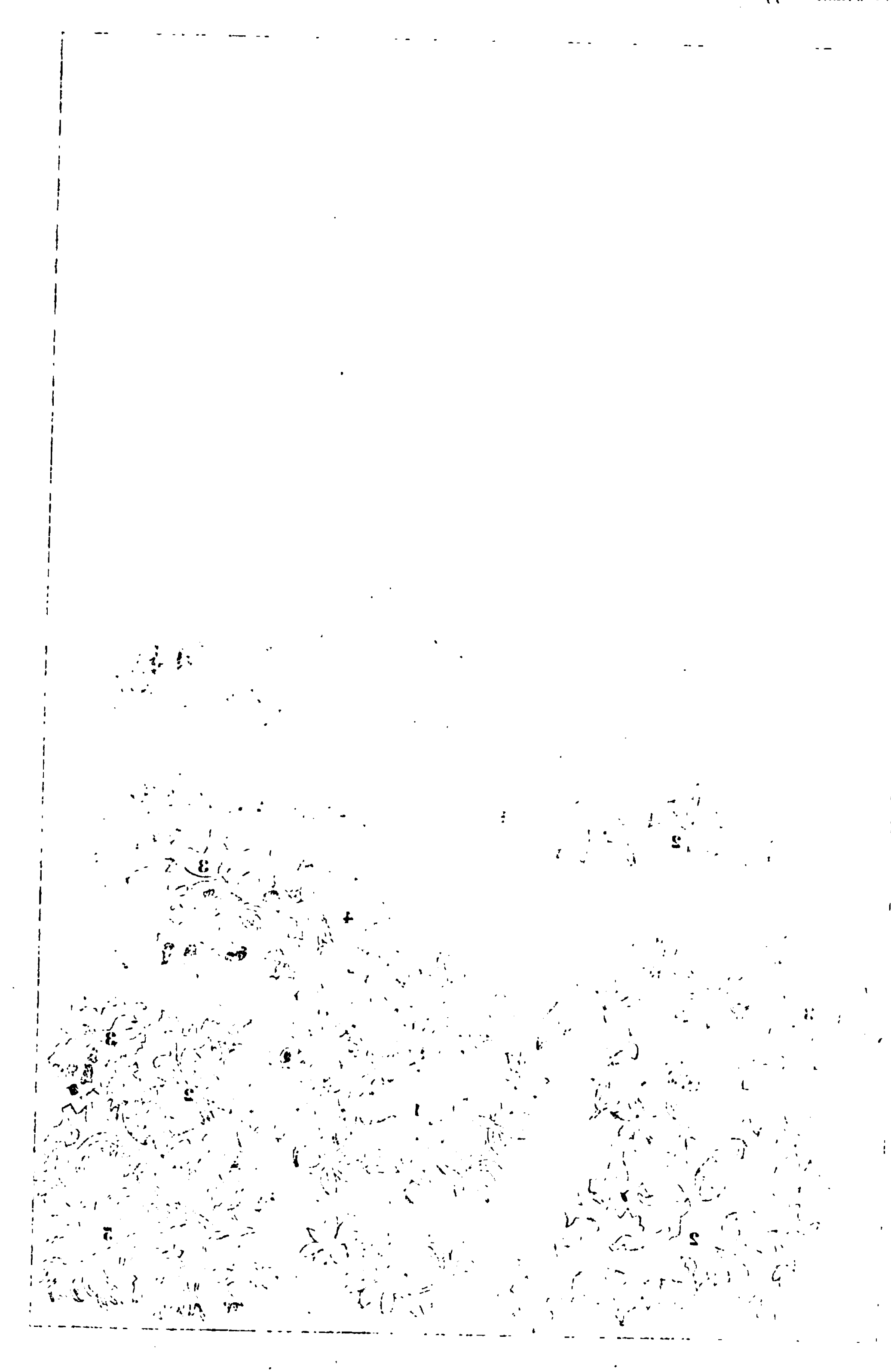
Mitunter springen im Mittelfelde an der untern Seite des Rollblattes mehrere kräftige, netzförmig verbundene Rippen vor, welche kleine Gruben und Grübchen einrahmen, in deren Tiefe die Spaltöffnungen liegen, wie das beispielsweise an den Blättern der weitverbreiteten, netzaderigen Weide (Salix reticulata; s. Abbildung, S. 277, Fig. 5) zu sehen ist.

Obschon alle diese Rollblätter den Eindruck des Festen und Starren machen und vielfach an die Nadelblätter der Koniferen erinnern, so sind sie doch im Gegensatze zu diesen im Innern mit einem sehr lockern Schwammparenchym ausgefüllt, welches weit mehr Raum beansprucht als das unter der Oberhaut der obern Seite liegende Palissadengewebe. Die Oberhaut der obern Seite ist an allen Rollblättern leicht netzbar, häufig uneben,

[Zur Tafel: »*Azaleenteppich auf den Höhen der Kjölen*«.]



1. *Azalea procumbens.* 3. *Cetraria nivalis.*
2. *Cetraria Islandica.* 4. *Cladonia alpestris.*
5. *Cladonia rangiferina.*



[Zur Tafel: »*Azaleenteppich auf den Höhen der Kjölen*«.]



1. *Azalea procumbens.*
2. *Cetraria Islandica.*
3. *Cetraria nivalis.*
4. *Cladonia alpestris.*
5. *Cladonia rangiferina.*

[illegible], ob
[illegible]
[illegible]
[illegible] mit
[illegible] Andro
[illegible] be
[illegible] ar
[illegible] im
[illegible] dabu
[illegible] die
[illegible]
[illegible] bens.
[illegible] das a
[illegible] sich
[illegible] geben a
[illegible] zarten
[illegible] blätt
[illegible] einm
[illegible] der Azale
[illegible] treck
[illegible] verm
[illegible] eine
[illegible] deren
[illegible] er, so ü
[illegible] ngen der
[illegible] bens,
[illegible] Karlende
[illegible] die Einrich
[illegible] nung
[illegible] zwische
[illegible] ch nur,
[illegible] ch klin
[illegible] das flare
[illegible] häufig
[illegible] hoch g
[illegible] der Boden
[illegible] lben ü
[illegible] caes
[illegible] ihre
[illegible] wurzeln
[illegible] zur vo
[illegible]
[illegible] und
[illegible] un
[illegible]
[illegible] er

mit feinen Runzeln versehen, ohne Wachsüberzug und meist auch ohne Haare. Ihre Zellen sind nach außen zu gewöhnlich stark verdickt und schließen lückenlos zusammen. An der untern Seite ist das alles anders. Hier finden sich Spaltöffnungen in großer Menge, und die Oberhaut ist entweder mit Wachs überzogen, wie bei der Gränke, der Moosbeere und der netzaderigen Weide (Andromeda polifolia, Oxycoccos palustris und Salix reticulata), oder mit feinem Filze bekleidet, wie z. B. bei dem Sumpfporste (Ledum palustre). Sehr häufig finden sich hier auch eigentümliche stäbchenförmige oder fadenförmige Fortsätze der Kutikula, welche man im ersten Augenblicke für winzige Haare halten möchte, die sich aber von Pflanzenhaaren dadurch unterscheiden, daß sie nicht hohl, sondern solid sind. Die Abbildung auf S. 278 und die Figuren 1, 2, 3, S. 277, zeigen diese Bildungen, welche als ein Seitenstück der Kutikularzapfen der Bambusblätter zu gelten haben, an der untern Blattseite von **Azalea procumbens, Erica caffra** und **Andromeda tetragona** sowie an den Rändern des Spaltes, der in das ausgehöhlte Blatt der Rauschbeere (**Empetrum nigrum**) führt. Fast ausnahmslos finden sich solche Gebilde bei den Eriken und zwar sowohl jenen der norddeutschen Moore und Heiden als auch der mittelländischen und kapländischen Flora. Die Bedeutung dieser unendlich zarten Überzüge liegt vorzüglich darin, daß an ihnen wie an den Kutikularzapfen der Bambusblätter Luft abhäriert und zwar so innig, daß selbst Wasser, welches mit bedeutendem Drucke einwirkt, dieselbe nicht zu verdrängen vermag. Taucht man einen beblätterten Zweig der **Azalea procumbens** unter Wasser, so sieht man entlang der zwei Längsfurchen zwei langgestreckte Luftblasen wie zwei Silberstreifen schimmern. Selbst durch Hin- und Herschwenken vermag man diese Luftblasen nicht zu entfernen, und auch dann, wenn man den Zweig eine Woche lang untergetaucht läßt, haftet diese Luft noch immer über den Furchen, in deren Tiefe sich die Spaltöffnungen befinden. Zieht man den Zweig wieder aus dem Wasser, so überzeugt man sich, daß zwar die Oberseite der Blätter genetzt, von den Spaltöffnungen der Unterseite aber das Wasser fern gehalten wurde. Und so wie mit **Azalea procumbens**, verhält es sich auch mit allen andern Rollblättern, mögen sie einer Pflanze des Kaplandes oder einem Heidekraute der baltischen Tiefebene angehören.

Daß durch die Einrichtung der Rollblätter, wie sie soeben geschildert wurde, ein Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe geboten und der Weg für den Wasserdampf und die auszuscheidenden Gase frei gehalten wird, kann wohl nicht bezweifelt werden. Es fragt sich nur, wie es kommt, daß diese Einrichtung an Pflanzen unter so entlegenen und zugleich klimatisch so abweichenden Himmelsstrichen angetroffen wird.

Um hierüber ins klare zu kommen, versetzen wir uns in mehrere Landschaften, welche sich durch besonders häufiges Vorkommen von Pflanzen mit Rollblättern auszeichnen. Zunächst auf einen der hoch gelegenen Rücken in den Zentralalpen, auf welchen die niederliegende **Azalea** den Boden in dichtem Schlusse überzieht, wo **Erica carnea** in ausgedehnten Beständen weite Halden überkleidet, wo **Dryas octopetala, Salix reticulata, Homogyne discolor, Saxifraga caesia** und noch mehrere andre Pflanzen mit ausgesprochenen immergrünen Rollblättern ihre Teppiche über das steinige Erdreich weben. Der Boden, in welchem alle diese Pflanzen wurzeln, und dem sie ihre flüssige Nahrung entnehmen, ist reich an Dammerde und hält nicht nur von dem Schmelzwasser der wuchtigen winterlichen Schneedecke, sondern auch von den reichlichen atmosphärischen Niederschlägen des Sommers große Mengen zurück. Wochenlang sind die Höhen in kalte, alles durchnässende und benetzende Nebel gehüllt, und an jedem Halme und jedem Blatte hängen Wassertröpfchen, welche so lange nicht abdampfen, als die Luft so überreich mit Wasserdampf erfüllt ist. Endlich hellt sich einmal der Himmel auf, und das an den Pflanzen hängende Wasser beginnt sich zu verflüchtigen. Aber schon in der darauf folgenden hellen Nacht beschlagen sich alle Pflanzen infolge starker Ausstrahlung und Abkühlung wieder mit sehr reichlichem Taue, der sich nicht selten bis in die

mit fe
ind r
unterr
die Ol
der n
lata),
Sehr
der K
aber
Abbil
ein S
seite
dern
Fast
deut
deut
tiku
mit
beb
Lä
Hi
we
üb
wi
v
m
ei

S
d
r
l

mit feinen Runzeln versehen, ohne Wachsüberzug und meist auch ohne Haare. Ihre Zellen sind nach außen zu gewöhnlich stark verdickt und schließen lückenlos zusammen. An der untern Seite ist das alles anders. Hier finden sich Spaltöffnungen in großer Menge, und die Oberhaut ist entweder mit Wachs überzogen, wie bei der Gränke, der Moosbeere und der netzaderigen Weide (Andromeda polifolia, Oxycoccos palustris und Salix reticulata), oder mit feinem Filze bekleidet, wie z. B. bei dem Sumpfporste (Ledum palustre). Sehr häufig finden sich hier auch eigentümliche stäbchenförmige oder fadenförmige Fortsätze der Kutikula, welche man im ersten Augenblicke für winzige Haare halten möchte, die sich aber von Pflanzenhaaren dadurch unterscheiden, daß sie nicht hohl, sondern solid sind. Die Abbildung auf S. 278 und die Figuren 1, 2, 3, S. 277, zeigen diese Bildungen, welche als ein Seitenstück der Kutikularzapfen der Bambusblätter zu gelten haben, an der untern Blattseite von Azalea procumbens, Erica caffra und Andromeda tetragona sowie an den Rändern des Spaltes, der in das ausgehöhlte Blatt der Rauschbeere (Empetrum nigrum) führt. Fast ausnahmslos finden sich solche Gebilde bei den Eriken und zwar sowohl jenen der norddeutschen Moore und Heiden als auch der mittelländischen und kapländischen Flora. Die Bedeutung dieser unendlich zarten Überzüge liegt vorzüglich darin, daß an ihnen wie an den Kutikularzapfen der Bambusblätter Luft abhäriert und zwar so innig, daß selbst Wasser, welches mit bedeutendem Drucke einwirkt, dieselbe nicht zu verdrängen vermag. Taucht man einen beblätterten Zweig der Azalea procumbens unter Wasser, so sieht man entlang der zwei Längsfurchen zwei langgestreckte Luftblasen wie zwei Silberstreifen schimmern. Selbst durch Hin- und Herschwenken vermag man diese Luftblasen nicht zu entfernen, und auch dann, wenn man den Zweig eine Woche lang untergetaucht läßt, haftet diese Luft noch immer über den Furchen, in deren Tiefe sich die Spaltöffnungen befinden. Zieht man den Zweig wieder aus dem Wasser, so überzeugt man sich, daß zwar die Oberseite der Blätter genetzt, von den Spaltöffnungen der Unterseite aber das Wasser fern gehalten wurde. Und so wie mit Azalea procumbens, verhält es sich auch mit allen andern Rollblättern, mögen sie einer Pflanze des Kaplandes oder einem Heidekraute der baltischen Tiefebene angehören.

Daß durch die Einrichtung der Rollblätter, wie sie soeben geschildert wurde, ein Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe geboten und der Weg für den Wasserdampf und die auszuscheidenden Gase frei gehalten wird, kann wohl nicht bezweifelt werden. Es fragt sich nur, wie es kommt, daß diese Einrichtung an Pflanzen unter so entlegenen und zugleich klimatisch so abweichenden Himmelsstrichen angetroffen wird.

Um hierüber ins klare zu kommen, versetzen wir uns in mehrere Landschaften, welche sich durch besonders häufiges Vorkommen von Pflanzen mit Rollblättern auszeichnen. Zunächst auf einen der hoch gelegenen Rücken in den Zentralalpen, auf welchen die niederliegende Azalea den Boden in dichtem Schlusse überzieht, wo Erica carnea in ausgedehnten Beständen weite Halden überkleidet, wo Dryas octopetala, Salix reticulata, Homogyne discolor, Saxifraga caesia und noch mehrere andre Pflanzen mit ausgesprochenen immergrünen Rollblättern ihre Teppiche über das steinige Erdreich weben. Der Boden, in welchem alle diese Pflanzen wurzeln, und dem sie ihre flüssige Nahrung entnehmen, ist reich an Dammerde und hält nicht nur von dem Schmelzwasser der wuchtigen winterlichen Schneedecke, sondern auch von den reichlichen atmosphärischen Niederschlägen des Sommers große Mengen zurück. Wochenlang sind die Höhen in kalte, alles durchnässende und benetzende Nebel gehüllt, und an jedem Halme und jedem Blatte hängen Wassertröpfchen, welche so lange nicht abdampfen, als die Luft so überreich mit Wasserdampf erfüllt ist. Endlich hellt sich einmal der Himmel auf, und das an den Pflanzen hängende Wasser beginnt sich zu verflüchtigen. Aber schon in der darauf folgenden hellen Nacht beschlagen sich alle Pflanzen infolge starker Ausstrahlung und Abkühlung wieder mit sehr reichlichem Taue, der sich nicht selten bis in die

Mittagsstunden des nächsten Tages erhält. Im Sonnenscheine, insbesondere wenn trockne Winde über die Höhen wehen, findet dann endlich Transpiration statt. Wer kann wissen, wie lange! Jeder Augenblick ist kostbar, und jede Behinderung der für die Pflanze so wichtigen Ausdünstung wäre von Nachteil. Insbesondere dürfen die Ausgänge für den Wasserdampf an der untern Seite der Blätter nicht verlegt sein, und zu diesem Zwecke ist die oben geschilderte Einrichtung getroffen. Es ist kaum daran zu zweifeln, daß die früher genannten Hochgebirgspflanzen in feuchten Perioden, wenn ununterbrochen dichte Nebel über den Gehängen lagern und Erde, Steine und Kräuter von Nässe triefen, wochenlang gar nicht transpirieren und darum auch ebenso lange Zeit hindurch die Zufuhr von Nährsalzen zu den grünen Blättern unterbrochen ist. Bedenkt man nun, wie kurz überhaupt den Pflanzen des Hochgebirges die Zeit zu ihrer Jahresarbeit bemessen ist, so wird es auch begreiflich, wie hier die kräftigsten Förderungsmittel der Transpiration zur Geltung kommen müssen, und wie alles möglichst hintangehalten sein soll, was diesen für die Pflanzen so wichtigen Vorgang unterdrücken oder auch nur beschränken könnte. Wenige Monate, nachdem der letzte Schnee von den Höhen gewichen, fällt ohnedies schon wieder neuer Schnee, der dann während des langen Winters Ernährung und Wachstum gänzlich unterbricht.

Aus diesen klimatischen Verhältnissen aber erklärt sich auch die Erscheinung, daß so *viele Pflanzen der alpinen Region, namentlich fast alle Gewächse mit Rollblättern, immergrün* sind. Es ist dadurch der Vorteil gegeben, daß jeder Sonnenblick im Verlaufe der kurzen Vegetationszeit ausgenutzt werden kann, ja daß schon am ersten sonnigen Tage, nachdem der Winterschnee abgeschmolzen und der Boden nur einigermaßen durchwärmt ist, die vom verflossenen Jahre erhaltenen Blätter zu transpirieren und organische Stoffe zu bilden im stande sind. Man könnte gegen diesen Erklärungsversuch zwar einwenden, daß in den Steppen die Vegetationszeit auch auf den kurzen Zeitraum von drei Monaten eingeschränkt ist, und daß doch gerade der Steppe die immergrünen Pflanzen mit Rollblättern vollständig fehlen. In der Steppe sind aber im Verlaufe der dreimonatlichen Vegetationszeit die Feuchtigkeitsverhältnisse wesentlich andre als in der Hochgebirgsregion. Dort wird die Transpiration niemals durch übermäßige Feuchtigkeit zum zeitweiligen Stillstehen gebracht; die Blätter können ununterbrochen ausdünsten, haben sich nicht gegen Benetzung, sondern gegen zu weit gehende Ausdünstung zu schützen, und mit Ausnahme der Salzpflanzen und einiger weniger andrer besonders gut geschützter Gewächse vermag dort im Hochsommer, bei der außerordentlichen Trockenheit der Luft, keine Pflanze ihr grünes Laub sich zu erhalten.

In den Niederungen *hochnordischer Gegenden* findet sich bekanntlich ein Teil der Gewächse wieder, welche die Hochgebirge der südlicher gelegenen Gelände schmücken. Über den Boden der arktischen Landschaft schreitend, berührt unser Fuß dieselben Teppiche der niederliegenden Azalea, der Zwergweide und Silberwurz (**Azalea procumbens, Salix reticulata, Dryas octopetala**). Dazu kommen noch andre kleine, wintergrüne Pflanzen (z. B. **Cassiope tetragona**), die gleichfalls mit Rollblättern ausgestattet sind. Wäre es nicht aus den Aufzeichnungen der Nordpolfahrer bekannt, daß im arktischen Gebiete die Zahl der die Transpiration behindernden nebeligen Tage im Verlaufe des kurzen Sommers eine noch viel größere ist als in den südlicher gelegenen Hochgebirgen, und daß daher auch dort nicht eine Beschränkung, sondern eine Förderung der Transpiration und die möglichste Ausnutzung der kurzen Zeiträume, in welchen eine Hebung der Nährsalze aus dem Boden möglich ist, zur Notwendigkeit wird, so könnten wir in der That schon aus dem häufigen Vorkommen dieser kleinen, teppichbildenden, mit immergrünen Rollblättern ausgestatteten Pflanzen darauf schließen. Abgesehen von andern Ursachen, abgesehen namentlich von der geschichtlichen Entwickelung der verschiedenen Florengebiete, liegt in der oben gegebenen *Deutung des immergrünen Rollblattes* auch eine *Erklärung der Ähnlichkeit*

und teilweisen Übereinstimmung der arktischen Flora mit der Flora der genannten Hochgebirge.

Und nun hinab auf das Tiefland, längs der Nord- und Ostsee und auf die Niederungen, welche dem Nordfuße der Alpen vorgelagert sind. Wo nicht der Mensch den Boden in Ackerland umgestaltet hat: Moor und Heide, Heide und Moor in ermüdender Eintönigkeit. Zumal in den Mooren immer und immer dieselben Gewächse, unterschiedliches Heidekraut (Calluna vulgaris, Erica Tetralix, Erica cinerea), Rauschbeere (Empetrum nigrum), Moosbeere (Oxycoccos palustris), Gränke (Andromeda polifolia), Sumpfporst (Ledum palustre), durchweg Pflanzen mit immergrünen Rollblättern, wie im Hochgebirge. Einige dieser kleinen, immergrünen Sträucher, nämlich die Rauschbeere und das Besenheidekraut (Calluna vulgaris), lassen sich auch in ununterbrochenem Zuge von der Ebene bis hinauf zur Höhe von 2450 m auf die Kämme der Alpen verfolgen. Und merkwürdig, diese Pflanzen blühen im Tieflande nicht viel früher als hoch oben in der alpinen Region, ja für Calluna ist es sogar nachgewiesen, daß sie in der Höhe von 2000 m etwas zeitiger aufblüht als im nördlichen Teile des baltischen Tieflandes. Wie kommt das? Im Tieflande ist doch der Winterschnee längst verschwunden, wenn dort oben die Halden noch in die weiße, kalte Decke gehüllt sind. Der Winterschnee allerdings, nicht aber der Winter! Wenn ringsum schon alles blüht, wenn an den Roggenhalmen schon die Ähren sichtbar werden, ist das Moor nebenan noch traurig, öde und ohne Leben. Erst einen Monat später als nebenan auf dem trocknen Boden regt es sich auch auf dem kalten Moore, und die Saugwurzeln der mit immergrünen Rollblättern ausgestatteten Pflanzen entfalten ihre Thätigkeit. Wenn die warmen Tage des Hochsommers kommen und die Sonne ihre kräftigen Strahlen herabsendet, nimmt dann die Temperatur des Bodens rasch zu, erhöht sich sogar weit mehr, als man glauben möchte. Die feuchten Polster des Torfmooses fühlen sich mittags ganz warm an, das Thermometer, an einem wolkenlosen Sommertage (22. Juni) in die oberste, moosige Schicht eines Hochmoores 3 cm tief eingesenkt, zeigte bei einer gleichzeitigen Schattentemperatur der Luft von 13° eine Temperatur von 31° Celsius! Ein unbehaglicher Dunst entsteigt dem feuchten Boden, lagert über der Fläche und macht eine Wanderung über die Moorheide höchst unerquicklich. Kaum ist die Sonne glühendrot unter den Horizont hinabgesunken, so verdichtet sich dieser Dunst zu Nebelstreifen, welche über dem düstern Moore lagern; Halme, Zweige und Blätter beschlagen sich mit Wassertropfen, und am nächsten Morgen ist alles so durchnäßt, als ob es die ganze Nacht hindurch geregnet hätte. Dieses Spiel, welches sich bei hellem Wetter regelmäßig wiederholt, wird nur dann unterbrochen, wenn feuchter Wind vom Meere her über die Fläche streicht, Wolkenmassen über die Heide jagen und reichlicher Regen den Boden netzt. Daß unter solchen Verhältnissen eine ausgiebige und ununterbrochene Ausdünstung der Pflanzen unmöglich ist, daß in den kurzen Zeiträumen, welche der Transpiration der Blätter gegönnt sind, die Ausführungsgänge aus dem weitmaschigen Schwammparenchym nicht verschlossen sein dürfen, bedarf wohl keiner weitern Ausführung, und es braucht auch nicht nochmals begründet zu werden, daß das immergrüne Rollblatt für diese Verhältnisse die entsprechendste und vorteilhafteste Blattform ist.

Nicht mit Unrecht vergleicht man die Flora am Kap der Guten Hoffnung mit jener der baltischen Niederung. Unzählige niedere Büsche, die dem Heidekraute, dem Sumpfporste und der Rauschbeere täuschend ähnlich sehen, alle mit immergrünen, starren, an den Rändern zurückgerollten, ganzrandigen, kleinen Blättern; die Oberseite des Laubes meist von düsterm Grün, die Unterseite wieder mit denselben Einrichtungen, wie sie die Rollblätter der Pflanzen auf der Moorheide an der Ostsee und auf den kalten Gründen der arktischen Tundra zeigen. Zum Teile gehört dieses immergrüne Buschwerk sogar denselben Familien an.

Zumal die Eriken sind hier in einer überschwenglichen Mannigfaltigkeit vertreten, indem man deren über 400 Arten zählt, also weit mehr, als die ganze andre Welt zusammengenommen aufweist. Aber auch eine große Menge von Arten aus andern Familien, namentlich Rhamneen, Proteaceen, Epakrideen, Santalaceen, weisen ein ganz ähnliches Laub auf und sind ohne Blüten und Früchte von den Eriken oft gar nicht zu unterscheiden. Es ist diese niedere, immergrüne Buschvegetation nicht über das ganze Kapland verbreitet, sondern auf die Nähe der Küste und auch da nur auf die nach Südwesten terrassenförmig abfallenden Gelände und auf den berühmten Tafelberg, der sich steil über die Kapstadt erhebt, beschränkt. Gerade über diesen Landschaften verdichtet sich aber der von den Seewinden mitgebrachte Wasserdunst, und fünf Monate hindurch, von Mai bis Anfang Oktober, wird nicht nur der Boden durch reichlichen Regen genetzt, sondern, was vielleicht noch wichtiger ist, alle die immergrünen Büsche sind dann durch den niedergeschlagenen Wasserdampf feucht gehalten und triefen oft gerade so von Wasser wie das Heidekraut auf dem Moorboden der baltischen Niederung. Die Höhe des Tafelberges ist zudem auch noch dann, wenn die Entwickelung der Vegetation auf den tiefern Terrassen des südwestlichen Küstengebietes wegen zunehmender Trockenheit stillsteht, in die berühmte, unter dem Namen Tafeltuch bekannte Wolkenbank gehüllt, und die auf seinen Stufen und Kämmen wachsenden Pflanzen sind während dieser Zeit nicht weniger durchnäßt als die niederliegende Azalea auf einem Bergrücken der Zentralalpen, auf welchem der Südwind seiner Feuchtigkeit beraubt wird. Gerade in diese feuchte Periode fällt aber der Zuwachs der in Frage stehenden Gewächse. Auf der Höhe des Tafelberges blühen und treiben die meisten Pflanzen im Februar, März und April, auf den tiefern Terrassen vom Mai bis in den September. Während in den nördlichen Gegenden und im Hochgebirge Ende und Anfang der jährlichen Arbeit der Pflanzen durch die Kälte bedingt werden, ist es im Kaplande die Trockenheit des Bodens, welche durch längere Zeit den Saftumtrieb in den Gewächsen zum Stillstande bringt, die aber hier im Küstengebiete doch niemals so extrem wird, daß die Pflanzen, so wie in der Steppe, dem Verdorren ausgesetzt wären.

Und ähnlich wie an der Südwestküste des Kaplandes verhält es sich auch an den Küsten, welche das Mittelländische Meer umranden, und in den Landstrichen, welche im Westen Europas von den dunstbeladen über die Atlantis herkommenden Seewinden bestrichen werden, das ist also in Portugal und im südwestlichen Frankreich, welche Gebiete sich gleichfalls durch eine Fülle von niedern Büschen mit immergrünen Rollblättern, namentlich durch mehrere gesellig wachsende Eriken, auszeichnen. Auch hier findet der jährliche Zuwachs in der feuchtesten Zeit des Jahres statt, und es muß vorgesorgt sein, daß in dieser Periode die Bildung organischer Substanz, die Aufnahme von Nährsalzen aus dem Boden und insofern die Transpiration ungehindert von statten gehen kann. Auch hier unterbricht Trockenheit die Thätigkeit der Saugwurzeln, und auch hier ist die immergrüne Vegetation vom Küstensaume weg genau so weit verbreitet, als sich der feuchte Seewind geltend macht, während dann weiter landeinwärts die Steppenvegetation das Übergewicht erhält. Die Analogie geht im Bereiche der mittelländischen Flora so weit, daß sich z. B. an der Südspitze von Istrien, welche man in ihrer Form mit der Südspitze Afrikas vergleichen könnte, die Bestände aus der immergrünen Erica arborea nur im südwestlichen Küstengebiete auf einem verhältnismäßig schmalen Landstreifen entwickelt finden, während im Innern Istriens die wüsten, trocknen Terrassen des Tschitscherbodens, die man mit den Karroofeldern des Kaplandes vergleichen könnte, keine Spur einer Erikenvegetation zeigen.

Warum die Gewächse mit immergrünen Rollblättern, welche im hohen Norden, auf den Höhen der Alpen, im baltischen Tieflande, an den Küsten des Atlantischen Ozeanes, am Saume des Mittelmeerbeckens und am Kap der Guten Hoffnung vorkommen, nicht auch

der Art nach übereinstimmen, ist eine Frage, deren Beantwortung hier noch nicht gegeben werden kann; immerhin aber scheint es mir am Platze, darauf hinzuweisen, daß alle mit immergrünen Rollblättern ausgestatteten Pflanzen, deren jährliche Arbeit durch Trockenheit sistiert wird, in den Gegenden, wo sich eine winterliche Schneedecke einstellt, erfrieren, d. h. daß ihr Protoplasma durch den Frost im molekularen Aufbaue gründlich geändert und getötet wird, während das Protoplasma der analogen nordischen Formen unter dem Einflusse der Kälte keinen Schaden leidet. Sehr beachtenswert ist in dieser Beziehung, daß einige der zuletzt berührten Gewächse eine außerordentlich weite Verbreitung haben, daß sie nämlich thatsächlich in ganz gleicher Gestalt im rauhen Norden und in den Landschaften des Südens angetroffen werden, wenn an den betreffenden Orten jene Feuchtigkeitsverhältnisse zur Geltung kommen, aus welchen wir die Form ihrer Blätter erklären. So ist Daboecia polifolia von Irland bis Portugal längs des Atlantischen Ozeanes verbreitet, und das Besen-Heidekraut (Calluna vulgaris) wächst in der Seehöhe von 2450 m neben den Gletscherfeldern des Ötzthaler Stockes in den Zentralalpen ebensogut wie südlich von dem mit Lorbeerwäldern umgürteten Abazzia in Istrien am Strande des Meeres.

---

3. Schutz gegen die Gefahren übermäßiger Transpiration.

Inhalt: Schutzeinrichtungen an der Oberhaut. — Gestalt und Lage der ausdünstenden Blätter und Zweige.

Schutzeinrichtungen an der Oberhaut.

Die Beziehungen der Gestalt des immergrünen Rollblattes zur Transpiration sind durch die obigen Ausführungen nichts weniger als erschöpft. Es erübrigt nämlich, auch noch das Verhalten dieser Blattform während der trocknen Jahresperiode zu besprechen. Wenn es zur Zeit großer Nässe notwendig ist, daß die Transpiration möglichst gefördert und daß alles fern gehalten werde, was das Ausströmen von Wasserdampf aus den Spaltöffnungen beschränken könnte, so ist es anderseits bei Eintritt der trocknen Zeit wieder von Wichtigkeit, daß das Ebenmaß zwischen der Wasseraufnahme aus dem Boden und der Wasserabgabe aus den Blättern nicht gestört, daß eine zu weit gehende Ausdünstung aus den oberirdischen Teilen verhindert wird. Andre Zeiten, andre Aufgaben. Zur Zeit des beginnenden Wasserauftriebes aus dem durch die Winterregen durchfeuchteten Boden: Förderung der Transpiration; später in der Trockenperiode: Schutz gegen die Gefahren, welche eine zu weit gehende Verdunstung im Gefolge haben könnte. Es ist nun gewiß von hohem Interesse, zu sehen, wie eine ganze Reihe der im vorhergehenden besprochenen Einrichtungen, darunter nicht am wenigsten das Rollblatt, zu verschiedenen Zeiten des Jahres, ja oft des Tages der angedeuteten doppelten Aufgabe gerecht werden.

Zunächst die Spaltöffnungen selbst. Zur Zeit, wenn das grüne Gewebe bei der Bildung organischer Substanzen der Nährsalze aus dem Boden bedarf, können dieselben nicht weit genug offen sein; denn da ist ja alles, was die Transpiration und damit die Hebung von wässeriger Nahrung aus dem reichlich durchfeuchteten Boden fördert, willkommen. Nimmt aber die Wärme und Trockenheit der Luft noch zu, nachdem das grüne Parenchym seine Jahresarbeit bereits abgeschlossen hat, oder trocknet der Boden, dem die Saugzellen bisher den Bedarf an Flüssigkeit entnommen hatten, so sehr aus, daß das Wasser, welches durch

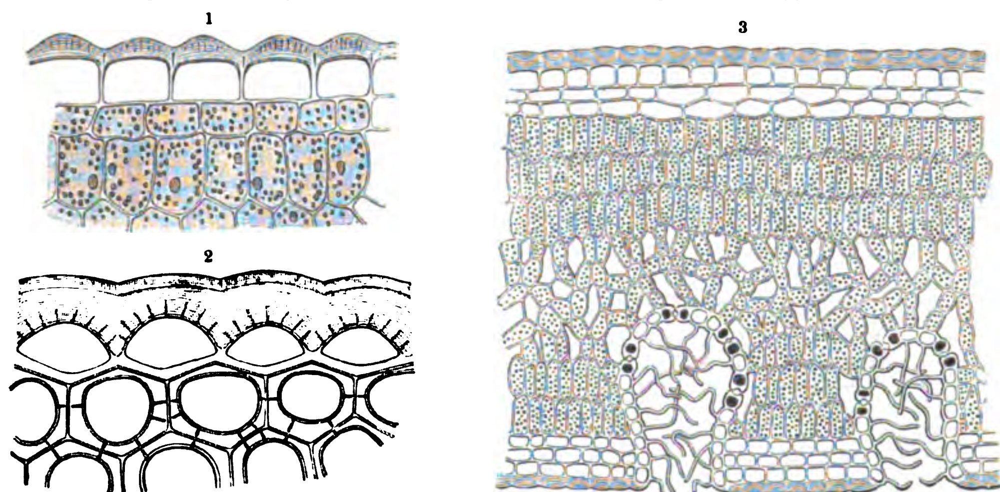
die oberirdischen Teile verdunstet, nicht mehr ersetzt werden könnte, so ist es vor allem von Wichtigkeit, daß die Spaltöffnungen sich schließen. Das geschieht aber durch die beiden Zellen am Rande der Spaltöffnung, die man darum auch die Schließzellen genannt hat.

Um sich den Mechanismus des Schließens, beziehentlich auch des Öffnens der Spaltöffnungen klarzumachen, ist es notwendig, auf den Bau dieser Zellen etwas näher einzugehen. Beide Zellen sind im Umrisse bohnenförmig oder halbmondförmig, wenden ihre konkave Seite der Spaltöffnung zu und sind nur an den Enden miteinander verwachsen. Mit der konvexen Seite grenzen sie an die benachbarten gewöhnlichen Zellen der Haut, mit der Außenwand an die atmosphärische Luft und mit der Innenwand an das Schwammparenchym an. An jeder Schließzelle ist das nach außen sowie das nach innen gekehrte Stück der Wand stark verdickt; jene Wand aber, durch welche die Schließzelle mit einer benachbarten Hautzelle in Verbindung steht, sowie auch jenes Wandstück, welches unmittelbar an die Spaltöffnung angrenzt, sind vergleichsweise dünn und auch elastisch dehnbar. Wenn man die Form zweier solcher Schließzellen aus Kautschuk nachahmt und sie so aneinander fügt, wie sie an natürlichen geschlossenen Spaltöffnungen getroffen werden, und wenn man dann unter Anwendung bedeutenden Druckes Wasser in sie hineinpreßt, so ändert sich die Krümmung jener Wandstücke, welche dünn und elastisch sind, am meisten; jene Wand, welche seitlich an die andern Hautzellen angrenzt, baucht sich aus, zugleich wird die ganze Zelle in der Richtung nach außen und innen ausgeweitet, und es rücken dadurch die beiden Schließzellen auseinander. Läßt man später das Wasser aus den geschwellten Kautschukzellen ausfließen, so sinken dieselben wieder zusammen, die beiden den Spalt begrenzenden Wandstücke rücken gegeneinander vor und schließen die Öffnung. An den natürlichen Schließzellen der lebendigen Pflanze ist es nicht anders. Sobald sie geschwellt werden, rücken sie auseinander; sobald sie erschlaffen und zusammensinken, rücken sie gegeneinander. Die Schwellung erfolgt durch Aufnahme von Flüssigkeit aus den benachbarten Hautzellen, und umgekehrt geht bei der Abschwellung wieder Flüssigkeit in diese Hautzellen über, ein Vorgang, welcher mit den später zu besprechenden Veränderungen der Zellen in den Gelenkspolstern an der Basis der reizbaren Mimosenblätter eine große Ähnlichkeit besitzt und der auch höchst wahrscheinlich auf ähnliche Reize zurückzuführen sein dürfte. Daß die Schließzellen wirklich durch Schwellung, beziehentlich durch Aufnahme von Flüssigkeit auseinander rücken und umgekehrt infolge von Wasserverlust zusammenschließen, kann auch in der Weise ersichtlich gemacht werden, daß man denselben einmal Wasser zuführt, dann wieder durch Zuckerlösung Wasser entzieht. Im erstern Falle öffnen sich die Spalten, im letztern schließen sie sich, und es kann daher als ausgemacht gelten, daß bei zunehmendem Wasserverluste in trockner Luft eine Schließbewegung stattfindet. Wenn sich aber die Pforten, durch welche aus der saftstrotzenden Pflanze Wasserdampf entweicht, schließen, sobald Gefahr droht, daß zu viel Wasserdunst abgegeben werden könnte, so ist dieser Mechanismus als ein ausgezeichneter Regulator der Transpiration, als ein wichtiges Schutzmittel gegen zu weit gehende Ausdünstung anzusehen.

Dieser Verschluß der Verdunstungsräume des Blattinnern, so wichtig er ist, dürfte für sich allein in den wenigsten Fällen jede drohende Gefahr abzuwenden im stande sein. Ist die Haut, welche über die dünnwandigen verdunstenden Zellen des Schwammparenchyms gespannt ist, selbst dünnwandig und saftreich, so kann ja auch von ihr an die trockne Atmosphäre Wasser abgegeben werden; auch würde dann der Wasserverlust der Hautzellen durch Entziehen aus den angrenzenden Parenchymzellen im Innern des Blattes ersetzt werden, und schließlich würden bei fehlendem oder ungenügendem Nachschube von Wasser aus den Wurzeln die Laubblätter vertrocknen. Es müssen daher die Hautzellen gegen Verdunstung entsprechend geschützt sein. Wenn sie das sind, und wenn zugleich die Spaltöffnungen

sich geschlossen haben, ist damit auch das Schwammparenchym, es sind dann überhaupt alle von der Haut umschlossenen, saftreichen Zellen im Innern des Blattes gesichert.

Auf der ersten Stufe der Entwickelung sind die Wände der Hautzellen vorwaltend aus Zellstoff (Cellulose) gebildet und nach allen Seiten hin gleichmäßig zart und dünn. Alsbald aber verdickt sich jene Wand, welche nach außen zu an die Luft angrenzt, und gliedert sich in eine innere und eine äußere Schicht. Die innere behält noch die ursprünglichen Eigenschaften; die äußere aber, die sogenannte **Kutikula**, erfährt eine wichtige Veränderung. Der Zellstoff wird umgewandelt und ersetzt durch ein Gemenge von Stearin und dem Glycerid einer Fettsäure (Phellonsäure), also durch ein talgartiges Fett, welches man Korkstoff (Cutin, Suberin) genannt hat. Infolge dieser Metamorphose verliert die Zellwand mehr und mehr die Fähigkeit, Flüssigkeiten durchzulassen, und wenn



Verdickte, geschichtete Kutikula: 1. Querschnitt durch ein Blattstück der Mistel (Viscum album); 420mal vergrößert. — 2. Querschnitt durch ein Blattstück der Stechpalme (Ilex Aquifolium); 500mal vergrößert. — 3. Querschnitt durch das Blatt des Oleanders (Nerium Oleander); 320mal vergrößert. Vgl. Text, S. 273.

dieselbe eine bedeutende Dicke erreicht hat, kann sie schließlich für Wasser und Wasserdampf nahezu undurchlässig werden. Häufig bilden sich zwischen der innern Zellstoff- und der äußern Korkstoffschicht auch noch sogenannte Kutikularschichten aus, welche der Hauptsache nach wieder aus Korkstoff bestehen und die oft eine bedeutende Mächtigkeit erreichen können.

Die Wasserpflanzen, welche einer Verdunstung nicht ausgesetzt sind, bedürfen natürlich auch dieser Schutzmittel nicht. Gewächse, deren Blätter von Luft umspült sind, können derselben dagegen niemals vollständig entbehren. Je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Luft ist allerdings die Dicke dieser korkstoffhaltigen Schichten außerordentlich wechselnd. Dort, wo die Luft das ganze Jahr über sehr feucht ist, erscheint in den Blättern die Außenwand der Hautzellen nur wenig dicker als die Innenwand, und es bildet die Kutikula nur eine unendlich dünne Schicht. Dagegen zeigen Gewächse, welche zeitweilig trockner Luft ausgesetzt sind, sehr entwickelte Kutikularschichten. Namentlich dann, wenn die Blätter immergrün sind und mehrere Jahre an den Zweigen bleiben, wie z. B. an der Stechpalme (Ilex Aquifolium, s. obenstehende Abbildung, Fig. 2) und dem Oleander (Nerium Oleander, Fig. 3), sind die Kutikularschichten so mächtig entwickelt, daß die Außenwand der Hautzellen die Innenwand um das Vielfache an Dicke übertrifft. Auch die immergrünen Schmarotzerpflanzen, wie z. B. die Mistel (Fig. 1), dann jene tropischen Orchideen und Bromeliaceen, welche als Überpflanzen auf der Borke von Bäumen wachsen und in



Caryota propinqua. Vgl. Text, S. 287.

der heißen Jahresperiode oft großer Trockenheit ausgesetzt sind, weiterhin die Nopale und überhaupt die meisten Fettpflanzen besitzen sehr stark verdickte Außenwände ihrer Hautzellen. Desgleichen auch die Nadelhölzer mit immergrünen, nadelförmigen Blättern, bei welchen wohl auch der Umstand maßgebend ist, daß der Ersatz des aus den Nadeln verdunstenden Wassers nicht rasch in offenen Bahnen, sondern langsam nur durch die Holzzellen erfolgen kann. In der Regel sind Kutikula und Kutikularschichten in gleicher Dicke über die ganze Blattfläche ausgebreitet, wie das namentlich bei glatten, glänzenden, lederigen, immergrünen Blättern der Fall ist. Nicht selten findet aber auch eine ungleichmäßige Verdickung statt, zumal in der Umgebung der Spaltöffnungen, wo sich wallartige Ringleisten erheben, wie bei **Protea mellifera** (s. Abbildung, S. 273, Fig. 3), oder wo sich zapfenförmige Vorsprünge ausbilden, wie bei den Bambus (s. Abbildung, S. 272), oder wo haarähnliche, verlängerte Fäden entstehen, wie bei den Rollblättern der Azalea und vieler Eriken (s. Abbildungen, S. 277 und 278).

Es wäre übrigens irrig, zu glauben, daß diese Ausbildung einer dicken Kutikula an den Hautzellen eine Eigentümlichkeit immergrüner Blätter sei. Pflanzen, welche jahraus jahrein von feuchter Atmosphäre umgeben und der Gefahr einer unverhältnismäßig großen Verdunstung an ihren natürlichen Standorten niemals ausgesetzt sind, haben sehr häufig immergrüne Blätter und besitzen dennoch Hautzellen, deren Außenwand nicht dicker oder kaum dicker ist als die Innenwand, und umgekehrt zeigen Gewächse mit anscheinend zartem, dünnem, sommergrünem Laube recht ansehnliche Verdickungsschichten. Für die Kultur der Pflanzen ist die Kenntnis dieser Verhältnisse von größter Wichtigkeit, und die Gärtner wissen recht gut, daß sie manche Pflanzen, wenn sie auch noch so widerstandsfähig aussehen, der feuchten Atmosphäre der Gewächshäuser niemals entziehen dürfen, weil die Blätter sonst gerade so vertrocknen wie jene der Wasserpflanzen, die man aus dem Wasser gezogen und an die Luft gelegt hat. Von **Caryota propinqua**, einer Palmenart, welche die Abbildung auf S. 286 an ihrem natürlichen Standorte wachsend darstellt, wurde in der feuchten Luft eines Gewächshauses im Wiener botanischen Garten ein prächtiger Stock mit großen, schönen Blättern kultiviert; derselbe wurde an einem Sommertage, an welchem sich die Temperatur im Freien von der Temperatur des Gewächshauses nicht unterschied, mitsamt dem Kübel, in dem er wurzelte, ins Freie und zwar an eine halbschattige, dem Sonnenbrande durchaus nicht ausgesetzte Stelle übertragen. Nachdem aber am andern Tage nur ganz kurze Zeit ein warmer, trockner Ostwind über die Blätter geweht hatte, bräunten sich diese, und am Abend waren alle Blätter ganz verdorrt und abgestorben. Und doch sehen die Abschnitte der Blätter dieser Palme straff, lederig und trocken aus, und man möchte glauben, daß sie gegen das Vertrocknen ausgezeichnet geschützt seien. Der Durchschnitt eines Blattstückes, welchen die Abbildung auf S. 288 darstellt, belehrt nun freilich eines bessern. Derselbe zeigt, daß die Oberhautzellen zwar sehr klein sind, wodurch die Festigkeit des Blattes wesentlich erhöht wird, daß ihre Wände aber nicht verdickt wurden, sondern in betreff ihrer Dicke jenen eines zarten Farnkrautes gleichen. Unter diesen dünnwandigen kleinen Oberhautzellen liegen dann saftreiche große Zellen, welche dem sogenannten äußern Wassergewebe angehören, und deren Wandungen gleichfalls die Verdunstung nicht beschränken, und dann folgen die großen saftreichen Zellen des grünen Gewebes. Bei dem Anblicke dieses Blattquerschnittes wird es begreiflich, daß diese Palme wohl in ihrer feuchtwarmen Heimat, wo sie einer starken Verdampfung niemals ausgesetzt ist, nicht aber auch in die trockne, wenn auch warme Luft eines kontinentalen Klimas paßt.

Von den wachsartigen Ausscheidungen der Zellhaut, welche als reifartige, abwischbare Überzüge beider Blattseiten erscheinen und diesen oft, statt des tiefen Grüns, eine matte bläuliche, graue oder weiße Färbung erteilen, wurde schon früher erwähnt, daß ihnen eine

Flach= und Rollblättern, anlangt, so wurden dieselben in ihrer Bedeutung schon früher besprochen. Als Schutzmittel gegen eine zu weit gehende Transpiration kommen dieselben wenig in Betracht. In seltenen Fällen geschieht es freilich, daß der haarige Überzug an der von der Sonne abgewendeten Blattseite, sozusagen das Unterfutter des Laubes, zum Schutze herhalten muß, indem sich die flache Blattscheibe so dreht und wendet, daß die Sonnenstrahlen nicht auf die Oberseite, sondern auf die Unterseite auffallen. Im südlichen Europa finden sich einige Farne (Ceterach officinarum, Cheilanthes odora, Notochlaena Marantae), welche, abweichend von den meisten andern Arten dieses schattenliebenden Geschlechtes, an Felsen und Mauern wachsen, die der brennenden Sonne am meisten ausgesetzt sind. Die obere Blattseite ist an diesen Farnen kahl, die untere dagegen ganz dicht mit trocknen, haarförmigen Schuppen bedeckt. Bei feuchtem Wetter sind die Blätter flach ausgebreitet und ist die kahle Seite derselben nach oben gewendet, bei trocknem Wetter erscheinen sie eingerollt, und dann ist die untere pelzige Seite der Sonne und dem Anpralle der trocknen Winde ausgesetzt. Unter den krautartigen niedern Gewächsen der mitteleuropäischen Flora zeigt ein ähnliches Verhalten das weitverbreitete Habichtskraut Hieracium Pilosella, dessen grundständige, dem Boden aufliegende, eine Rosette bildende Blätter oberseits grün, unterseits durch einen Sternhaarfilz weiß erscheinen. An Orten, wo das Erdreich leicht austrocknet, und zu Zeiten, wann atmosphärische Niederschläge längere Zeit ausbleiben, sieht man regelmäßig, wie sich zunächst die Blattränder aufbiegen, dann aber allmählich das ganze Blatt in der Weise krümmt und rollt, daß die untere weiße Seite den einfallenden Sonnenstrahlen zugewendet wird, und daß sich so der weiße Filz zu einem schützenden Schirme für das ganze Blatt gestaltet.

Die Beziehungen der Behaarung der Blattoberseite zur Transpiration treten am auffallendsten in jenen Gebieten hervor, wo die Pflanzen im Verlaufe ihrer Vegetationszeit in der Regel nur auf einige Stunden des Tages einer trocknern Luft ausgesetzt sind, und wo die Thätigkeit derselben nicht durch eine lange warme Trockenperiode, sondern durch Frost und Kälte eingestellt wird, wie das beispielsweise in der alpinen Region der Hochgebirge der Fall ist. Auf den Alpen könnte das Vertrocknen der Blütenpflanzen durch den Einfluß der Sonne nur an sehr beschränkten Stellen erfolgen, nämlich nur dort, wo die spärliche Erde auf den handbreiten Gesimsen der steil abstürzenden Klippen und Schroffen sowie der felsigen Gräte und Kämme ausschließlich von Regen, Nebel und Tau getränkt wird. Wenn mehrere Tage hintereinander diese atmosphärischen Niederschläge ausbleiben und bei hellem Himmel Tag und Nacht der Föhn über die Höhen streicht, so können diese dünnen Erdschichten so sehr austrocknen, daß sie den in ihnen wurzelnden, kräftig besonnten und dem Anpralle des Windes ausgesetzten Pflanzen die nötige flüssige Nahrung nicht mehr zu liefern im stande sind, und in solchen Zeiten ist dann auch eine Beschränkung der Transpiration aus den Blättern dringendst geboten. Neben den Fettpflanzen und den mit Kalk inkrustierten Steinbrechen findet man an solchen Standorten fast ausnahmslos Gewächse mit allseitig dicht behaarten Blättern und Stengeln. Hier ist der Standort der filzigen Hungerblümchen (Draba tomentosa, stellata), der grau-blätterigen Goldrauten (Senecio incanus und Carniolicus), des herrlichen seidig glänzenden Fingerkrautes (Potentilla nitida), der weißblätterigen bittern Schafgarbe (Achillea Clavennae), hier ist auch vor allem der Standort für die berühmtesten Pflanzen der Alpen, für die aromatische Edelraute und das schmucke Edelweiß, erstere (Artemisia Mutellina) ganz und gar in ein grau schimmerndes Seidenkleid, letzteres (Gnaphalium Leontopodium) in glanzlosen, weißen Filz gehüllt. Betrachtet man den Durchschnitt durch das Edelweißblatt (s. Abbildung, S. 296, Fig. 1), so gewinnt man die Überzeugung, daß die Hautzellen mit ihrer dünnen Außenwand die Verdunstung und Vertrocknung in der Sonne nicht zu

regulieren im stande sein würden, und daß durch die Auflagerung einer Schicht saftloser, luftgefüllter, verwobener Haarzellen für den Fall außergewöhnlicher Trockenheit ein wichtiger Schutz gegen zu rasche Verdunstung gegeben ist. Die Edelraute, Goldraute und die andern genannten Pflanzen der sonnigen Felsen in den Alpen zeigen dieselben Verhältnisse des Blattbaues, und es findet das soeben vom Edelweiß Gesagte auch auf diese volle Anwendung. Es verdient noch erwähnt zu werden, daß auf den Höhen der Pyrenäen, Abruzzen und Karpathen sowie im Kaukasus und Himalaja die Pflanzen der besonnten, dem An-



Edelweiß (Gnaphalium Leontopodium). Vgl. Text, S. 290.

pralle der Winde ausgesetzten Felsklippen genau nach dem Vorbilde von Edelraute und Edelweiß in Seide und Wolle gekleidet sind, und daß im Himalaja ein Edelweiß vorkommt, welches dem der europäischen Alpen außerordentlich ähnlich sieht. Im hohen Norden dagegen, dessen Flora doch sonst so manche Übereinstimmung mit der Flora der südlich gelegenen Hochgebirge zeigt, fehlt diese Pflanze, man späht dort an den Felsklippen überhaupt vergeblich nach Kräutern und Stauden mit oberseits seidigem oder filzigem Laubwerke, und die Arten, welche an deren Stelle dort auftauchen und durch ihr massenhaftes Vorkommen einen charakteristischen Zug in der Pflanzendecke bilden, wie z. B. Diapensia Lapponica, Andromeda hypnoides, Mertensia maritima, Draba alpina und andre mehr, haben auffallenderweise kahle, grüne Blätter. Wenn dort haarige Überzüge vorkommen, so sind dieselben auf die untern Blattseiten, namentlich auf jene der Rollblätter,

beschränkt und finden sich durchaus nicht an den Pflanzen felsiger Gehänge, sondern an jenen der moorigen, stets feuchten Gründe und an den Ufern der für kurze Zeit vom Eise befreiten Gewässer, wo sie aber gewiß nicht zur Herabsetzung der Transpiration, sondern in der oben bei Besprechung der Rollblätter erörterten Weise wirksam sind. Es ist gewiß nicht gewagt, diese Thatsachen mit den klimatischen Verhältnissen in Verbindung zu bringen und insbesondere den Mangel von Pflanzen mit oberseits seidigen oder filzigen Blättern daraus zu erklären, daß ein Austrocknen des Bodens und eine Beschränkung der Wasserzufuhr im arktischen Gebiete selbst auf den schmalen Terrassen steiler Felsgehänge niemals vorkommt und daher die Gefahr einer zu weit gehenden Verdunstung für die in jenem Gebiete wachsenden Pflanzen auch nicht gegeben ist.

Mit dieser Erklärung steht auch im Einklange, daß in den mittel- und südeuropäischen Hochgebirgen, auf deren Höhen eine alpine Vegetation angetroffen wird, die Zahl der Formen mit seidigem und filzigem Laube in dem Maße zunimmt, je weiter nach Süden diese Gebirge gelegen und je mehr dieselben zeitweiliger Trockenheit ausgesetzt sind. Dem Riesengebirge sind Pflanzen vom Typus des Edelweißes noch gänzlich fremd; in den nördlichen Alpen ist die Zahl derselben eine verhältnismäßig noch geringe, in den Südalpen nimmt sie in überraschender Weise zu, und ungemein reich an solchen Formen erscheinen die Gipfel des Majellastockes, die Kämme der Sierra Nevada und die Hochgebirge Griechenlands.

Wenn schon auf den Alpenhöhen, wo doch die Trockenheit des Bodens im ungünstigsten Falle nur wenige Tage andauert und sich auch in diesem kurzen Zeitraume nur auf die sonnigen, felsigen Stellen mit dünner Erdkrume beschränkt, die an solchen Stellen wachsenden Pflanzen gegen die Gefahren einer zu raschen und zu ausgiebigen Verdunstung geschützt sind, um wieviel mehr in jenen Gebieten, wo mit zunehmender Sommerwärme die Menge atmosphärischer Niederschläge fortwährend abnimmt, und wo abseits von den Thalfurchen und Niederungen, deren Erdreich von zufließendem Wasser andrer Regionen genetzt wird, der Boden immer tiefer und tiefer austrocknet, so daß alle oberflächlich wurzelnden Pflanzen keinen Tropfen Wasser mehr aus demselben zu gewinnen vermögen. Alle Gewächse, welche auf solchem Lande die Trockenperiode überdauern wollen, müssen für die Dauer derselben die Transpiration gänzlich einstellen, sich förmlich einpuppen und einen Sommerschlaf halten. Sie thun das auch und zwar in der verschiedensten Weise und mit den verschiedensten Mitteln. Eins der verbreitetsten und gewöhnlichsten Mittel ist ohne Zweifel die Einkleidung der transpirierenden Organe in eine dichte Hülle von trocknen, luftgefüllten Haaren. Kapland, Neuholland, Mexiko, die Savannen und Prärien der Neuen Welt, die Steppen und Wüsten der Alten Welt bieten hierfür eine Fülle von Beispielen. In den trocknen Hochebenen von Brasilien, Quito und Mexiko sind Strecken von großer Ausdehnung mit gesellig wachsenden wolfsmilchartigen Gewächsen, den grau behaarten Croton-Arten, überdeckt, und wenn der Wind über die Hochflächen weht und diese Croton-Stauden hin- und herschwenkt, entsteht eine Bewegung auf dem weiten Gelände, daß es aussieht wie ein graues, wogendes Blättermeer. Ein ähnliches Bild bieten die zu den Korbblütlern gehörenden Painciras oder Wollstauden (Lychnophora) auf den Hochebenen von Minas Geraës in Brasilien. Nirgends in der ganzen Welt findet man aber die Behaarung des Laubes als Schutzmittel gegen Verdunstung in so ausgiebiger und mannigfaltiger Weise zur Erscheinung gekommen, wie in jenem Florengebiete, welches die Küstenländer des Mittelmeeres umfaßt und unter dem Namen des mittelländischen oder mediterranen bekannt ist. Die Bäume haben grauhaariges Laub, das niedere Buschwerk aus Salbei und verschiedenen andern Sträuchern und Halbsträuchern, für welches man die schon von Theophrast gebrauchte Bezeichnung Phrygana-Gestrüppe festhalten mag, sowie die ausdauernden Stauden und Kräuter an sonnigen Hügeln und Berglehnen sind grau und weiß, und dieses Überwiegen

von Pflanzen mit abgedämpfter Farbe nimmt schließlich sogar auf den Charakter der ganzen Landschaft einen bemerkbaren Einfluß. Wer nur aus Büchern von der immergrünen Vegetation der spanischen, italienischen und griechischen Flora gehört hat und zum erstenmal jene Gebiete im Sommer betritt, fühlt sich bei dem Anblicke dieser grauen Pflanzenwelt einigermaßen enttäuscht und ist versucht, den Ausdruck „immergrün" in „immergrau" abzuändern. Alle erdenklichen Haarbildungen sind da vertreten; grober Filz, dichter Samt, weiche Wolle wechseln in bunter Mannigfaltigkeit ab; hier ist ein Blatt wie mit Spinngewebe überzogen, dort ein andres wie mit Asche oder Kleie bestreut, hier schimmert eine Blattfläche von anliegenden Härchen oder Schülfern wie ein Stück Atlasstoff, und hier wieder ist eine Pflanze mit langen Flocken besetzt, daß man glauben könnte, es haben vorbeistreifende Schafe einen Teil ihres Vlieses hängen lassen. Es gibt im mittelländischen Florengebiete kaum eine Pflanzenfamilie, aus welcher nicht reichlich behaarte Arten bekannt wären; ganz vorzüglich aber sind es die Korbblütler, zumal die Gattungen Andryala, Artemisia, Evax, Filago, Inula, Santolina, dann Lippenblütler aus den Gattungen Phlomis, Salvia, Teucrium, Marrubium, Stachys, Sideritis und Lavandula, Zistrosen, Windlinge, Skabiosen, Wegeriche, Schmetterlingsblütler und seidelbastartige Gewächse, also gerade diejenigen Formen, welche die Hauptmasse der Vegetationsdecke in den Küstenlandschaften des Mittelmeeres ausmachen, welche ein dicht gewobenes Haarkleid tragen. Ja, selbst in Familien, deren Arten man sich gewöhnlich nur kahl denkt, wie z. B. in der Familie der Gräser, trifft man hier Repräsentanten, welche ganz zottig erscheinen. Es ist auch von hohem Interesse, zu sehen, daß so manche Arten, welche einen großen Verbreitungsbezirk besitzen, und welche man von Skandinavien bis hinab zur Küste des Mittelmeeres mit kahlen Blättern antrifft, sich im Süden gegen die Gefahr des Vertrocknens durch Entwickelung von Haaren an der Oberhaut zu schützen wissen. Im nördlichen und mittlern Europa bis zu den Alpen ist z. B. die Oberhaut der Blätter und Stengel an Silene inflata, Campanula Speculum, Galium rotundifolium, Mentha Pulegium kahl und glatt, im Süden, so namentlich in Kalabrien, sind Blätter und Stengel dieser Arten mit dichtem Flaume überzogen.

Nächst der mittelländischen Flora weisen wohl auch die sich anschließenden ägyptisch-arabischen Wüstengebiete, die Hochsteppen Irans und Kurdistans sowie das Tiefland des südlichen Rußland und die Pußten Ungarns verhältnismäßig viele Pflanzenarten mit beiderseits dicht behaarten Blättern auf. Daß ihre Zahl hinter jener der mittelländischen Flora zurückbleibt, hat seinen Grund darin, daß in den Wüsten- und Steppenländern die Dürre des Hochsommers noch größer ist, so daß selbst dichte Haarüberzüge nicht immer gegen dieselbe zu schützen im stande sind, und zweitens, daß in einigen der genannten Gebiete die Trockenperiode unvermittelt in einen strengen Winter übergeht, gegen dessen Kälte die Behaarung einen schlechten Schutz gewährt, während in den Küstenlandschaften des Mittelmeeres die Temperatur des Winters nicht unter den Gefrierpunkt herabsinkt, immergrüne und immergraue Blätter dort unbehelligt bleiben und mit Beginn des nächsten Jahres ihre Thätigkeit wieder aufnehmen können.

Sehr lehrreich für die Beziehungen ganzer Florengebiete zur Transpiration der Pflanzen ist auch die regelmäßige Aufeinanderfolge der Entwickelung bestimmter Pflanzenformen. In den Steppen, in den mittelländischen Landschaften und im Kaplande kommen regelmäßig zuerst die Zwiebelpflanzen und die einjährigen Gewächse an die Reihe, dann folgen die ausdauernden Gräser und die Holzpflanzen, und den Schluß bilden Fettpflanzen und dicht behaarte Immortellen. Die zahlreichen Tulpen, Narzissen, Krokus, Milchsterne, Asphodill, Amaryllis und alle die andern Zwiebelgewächse, welche sofort nach dem ersten Winter- oder Frühlingsregen hervorzusprießen beginnen, besitzen durchweg kahles Laub. Die Transpiration derselben ist bei der rasch steigenden Lufttemperatur

sehr lebhaft, der durchfeuchtete Boden liefert genügenden Ersatz für das verdunstende Wasser und enthält auch die zum raschen Wachstume benötigten Mengen von Nährsalzen in aufgeschlossenem Zustande bereit. Auch die gleichzeitig hervorsprossenden Stauden, die Päonien und Nieswurzarten, sowie das große Heer der einjährigen Gewächse, welche in unglaublich kurzer Zeit keimen, blühen und Früchte reifen, besitzen, zumal in den Steppen, fast durchgehends kahles Laub. Gegen den Hochsommer zu, wenn die Dürre beginnt, sind alle diese Pflanzen bereits in Frucht übergegangen, ihr bisher thätiges Laub beginnt zu vergilben und einzutrocknen, ihre saftreichen Zwiebeln und Knollen erhalten sich unterirdisch in einer wie zu Stein gewordenen Erde eingebettet, und die ausgefallenen Samen der einjährigen Pflanzen vermögen, von den mannigfaltigsten schützenden Hüllen umgeben, die Dürre des Sommers und die Strenge des Winters leicht zu überdauern. Was weiterhin im Hochsommer auf der Steppe oder im mediterranen Florengebiete noch thätig sein soll, würde mit dem kahlen Laubwerke der Frühlingspflanzen übel ankommen. Soll jetzt eine Pflanze gegen das Austrocknen geschützt sein, so muß ihre Transpiration herabgesetzt werden, was denn auch durch die verschiedensten Schutzmittel, ganz vorzüglich aber durch einen immer dichter werdenden Haarüberzug, geschieht. Die Schmetterlingsblütler und Meldengewächse, vor allen die Strohblumen und Wermutarten (Helichrysum, Xeranthemum, Artemisia), welche im Hochsommer noch blühen und die größte Sonnenglut ertragen, sind sämtlich dicht behaart, und die Gelände, welche vielleicht noch vor einem Monate in frisches Grün gekleidet waren, sind jetzt in düsteres Grau gehüllt. Dem Übergange von der feuchten Zeit der Winter- und Frühjahrsregen zu der Dürre des Hochsommers entspricht ein allmählicher Übergang von dem Grün des kahlen, saftigen Hyazinthenblattes zu dem Grau des filzigen, starren Immortellenblattes.

Eine ganz seltsame Erscheinung bilden im mittelländischen Florengebiete auch mehrere zweijährige und ausdauernde Pflanzen, welche in dem einen Frühlinge eine dem Boden aufliegende Blattrosette bilden, aus deren Mitte dann im folgenden Frühlinge ein beblätterter und blütentragender Stengel hervorwächst. Das im ersten Frühlinge gebildete Laub der Rosette hat den dürren, heißen Hochsommer zu überdauern und ist dem entsprechend mit grauem Haarfilze überzogen; der im zweiten Frühlinge gebildete Stengel, welcher die Blüten entwickelt, erhebt sich aber im Verlaufe der feuchten Periode, bedarf des Schutzes der Haare nicht und ist daher mit grünen Blättern besetzt. Der Anblick dieser Gewächse, für welche als Beispiele die **Salvia lavandulaefolia** und **Scabiosa pulsatilloides** aus Granada, das **Hieracium gymnocephalum** Dalmatiens und das im mittelländischen Florengebiete weitverbreitete **Helianthemum Tuberaria** erwähnt sein mögen, ist so fremdartig, daß man sich unwillkürlich fragt, ob denn wirklich dieser grün belaubte Stengel zu der grauen Blattrosette gehört, oder ob sich nicht jemand den Scherz gemacht und Stengel und Rosette von zwei verschiedenen Pflanzenarten zusammengekoppelt hat.

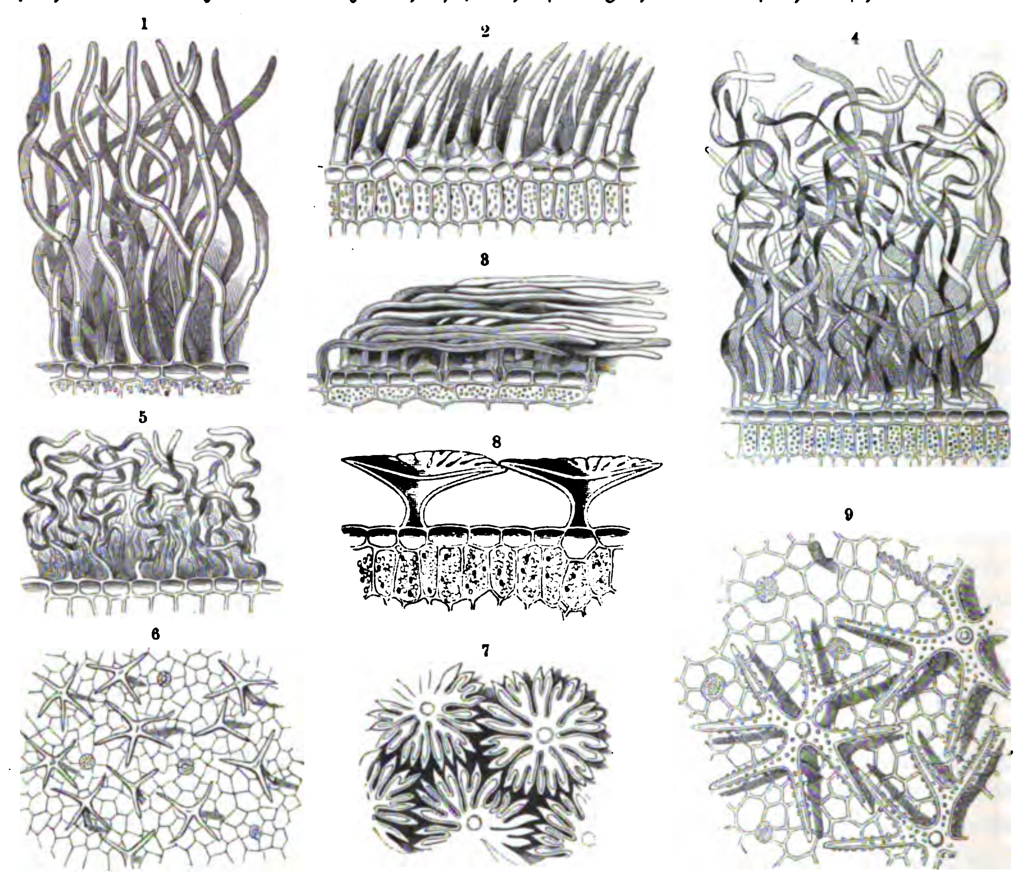
In anbetracht der Gestalt zeigen die haarförmigen Gebilde, welche als Schutzmittel gegen zu weit gehende Verdunstung wirksam sind, und welche man Deckhaare nennt, eine überaus große Mannigfaltigkeit. Trotz dieser Mannigfaltigkeit ist aber anderseits eine gewisse Beständigkeit nicht zu verkennen, insofern nämlich, als an einzelnen Arten immer dieselben Deckhaare wiederkehren. Das Haarkleid trägt auch nicht wenig zu dem eigentümlichen Ansehen der Arten bei, und es wurde darum bei der Beschreibung und Unterscheidung der Pflanzenarten auf dasselbe zu allen Zeiten ein besonderer Wert gelegt. Zum Behufe der Beschreibung haben auch die ältern Botaniker in die botanische Kunstsprache eine Reihe von Ausdrücken eingeführt, um die auffallendsten Verschiedenheiten kurz und bündig zu bezeichnen, und es scheint hier der geeignetste Ort, diese Ausdrücke, beziehentlich jene Formen der Deckhaare, die mit ihnen gemeint sind, kennen zu lernen.

Zunächst unterschied man diejenigen Deckhaare, welche nur aus einer einzigen über die andern Hautzellen hinauswachsenden Zelle bestehen, und stellte sie denjenigen gegenüber, welche durch Einschieben von Scheidewänden mehrzellig geworden sind.

Die einzelligen Deckhaare erheben sich in vielen Fällen nur wenig über die Oberfläche des Blattes, dem sie angehören; sie beugen sich sofort über der Ursprungsstelle unter einem nahezu rechten Winkel um, so zwar, daß der längere, spitz auslaufende Teil der Haarzelle der betreffenden Blattfläche aufliegt, wie das in der Abbildung, S. 296, Fig. 3, zu sehen ist. Wenn solche Haargebilde in großer Zahl und in paralleler Lage die Fläche bedecken, so wird das Licht von denselben stark zurückgeworfen, und ein solches Haarkleid macht ganz den Eindruck eines Seidenstoffes. Man bezeichnet eine solche Behaarung, die man besonders schön an den glänzenden Blättern der südeuropäischen Windlinge (Convolvulus Cneorum, nitidus, oleaefolius, tenuissimus ꝛc.) sieht, als seidig (sericeus), kann aber wieder zwei Fälle unterscheiden, nämlich jenen häufigern, wo sämtliche Haare eines Blattes der Mittelrippe parallel liegen, und jenen seltenern, wo die Haare rechts und links von der Mittelrippe eine verschiedene Lage einnehmen, so zwar, daß an jeder Hälfte sämtliche Haare parallel zur Richtung der dort entwickelten Seitenrippen gelagert sind. Dann gelangt das reflektierte Licht bei einer bestimmten Stellung des Beschauers immer nur von einer Blatthälfte in das Auge, während die andre Blatthälfte matt erscheint. Das ganze Blatt präsentiert sich in solchem Falle mit jenem eigentümlichen, bei der geringsten Bewegung wechselnden Schimmer, welchen wir an den Flügeln gewisser Schmetterlinge bewundern, und den auch die unter dem Namen Atlas bekannten Seidenstoffe zeigen. Wenn die einzelligen Deckhaare der von ihnen bekleideten Fläche nicht anliegen, sondern sich erheben, so fehlt der Glanz oder ist doch nur schwach vorhanden. Sind die Haare kurz, sehr zahlreich und nahe zusammengedrängt, so nennen wir das samtig (holosericeus); sind sie dagegen verlängert und lockerer gestellt, so wird der Ausdruck zottig (villosus) gebraucht. Haare, welche aus einzelnen luftgefüllten, weichen, dünnwandigen, verlängerten, vielfach gedrehten und gekrümmten Zellen bestehen, nennt man Wollhaare und den aus ihnen gebildeten Überzug wollig (lanuginosus). Die Wollhaare sind immer in Schraubenlinien gedreht, bald lockerer, bald enger, manchmal fast korkzieherförmig gewunden. Die Drehung ist in der Regel entgegengesetzt der Drehung eines Uhrzeigers, was man als „links gedreht" bezeichnet. Auch ist zu unterscheiden, ob die langgestreckten und gedrehten Zellen der Wollhaare im Durchschnitte kreisrund sind, wie an der südeuropäischen Centaurea Ragusina (s. Abbildung, S. 296, Fig. 5), oder ob sie bandförmig zusammengedrückt erscheinen, wie solche durch die Abbildung auf S. 296, Fig. 4, an Gnaphalium tomentosum dargestellt werden. Der letztere Fall ist weitaus der häufigere.

Die mehrzelligen Deckhaare entstehen dadurch, daß sich die betreffenden Hautzellen durch Einschieben von Scheidewänden wiederholt teilen. Die eingeschobenen Scheidewände sind entweder sämtlich zur Oberfläche des betreffenden Blattes oder Stengels parallel, oder ein Teil derselben steht senkrecht zur Ebene des Blattes. Im ersten Falle gruppieren sich die Zellen gewöhnlich gleich den Gliedern einer Kette, und diese Haare werden auch Gliederhaare oder gegliederte Haare genannt. Sind solche gegliederte Haare kurz und nicht miteinander verwoben, wie das z. B. an den Blättern der schönen Gloxinien der Fall ist (s. Abbildung, S. 296, Fig. 2), so machen die mit ihnen bekleideten Flächen den Eindruck des Samtes; sind sie verlängert, verbogen, gedreht und verschlungen, so erscheint das betreffende Blatt wie mit Wolle überzogen (s. Abbildung, S. 296, Fig. 1), und es wiederholen sich demnach für das freie Auge die schon bei den einzelligen Deckhaaren erwähnten Bekleidungsformen. Auch seidige Überzüge werden durch mehrzellige Deckhaare gebildet und zwar durch die sonderbare Form, welche auf S. 297, Fig. 3, abgebildet ist. Es entwickeln sich diese Haare in folgender

Weise. Eine Oberhautzelle teilt sich zunächst durch Einschieben einer zur Blattfläche parallelen Scheidewand in zwei Tochterzellen; die Teilung wiederholt sich, und so entsteht eine kleine Kette aus drei, vier, fünf kurzen Zellen, welche sich wenig über die Blattfläche erhebt. Die oberste dieser Zellen teilt sich nicht weiter, sondern erfährt eine auffallende Vergrößerung, streckt sich aber sonderbarerweise nicht in die Höhe, sondern parallel zur Blattfläche und wird zu einem lanzettlichen, stäbchenförmigen, die Blattfläche beschattenden Ge-

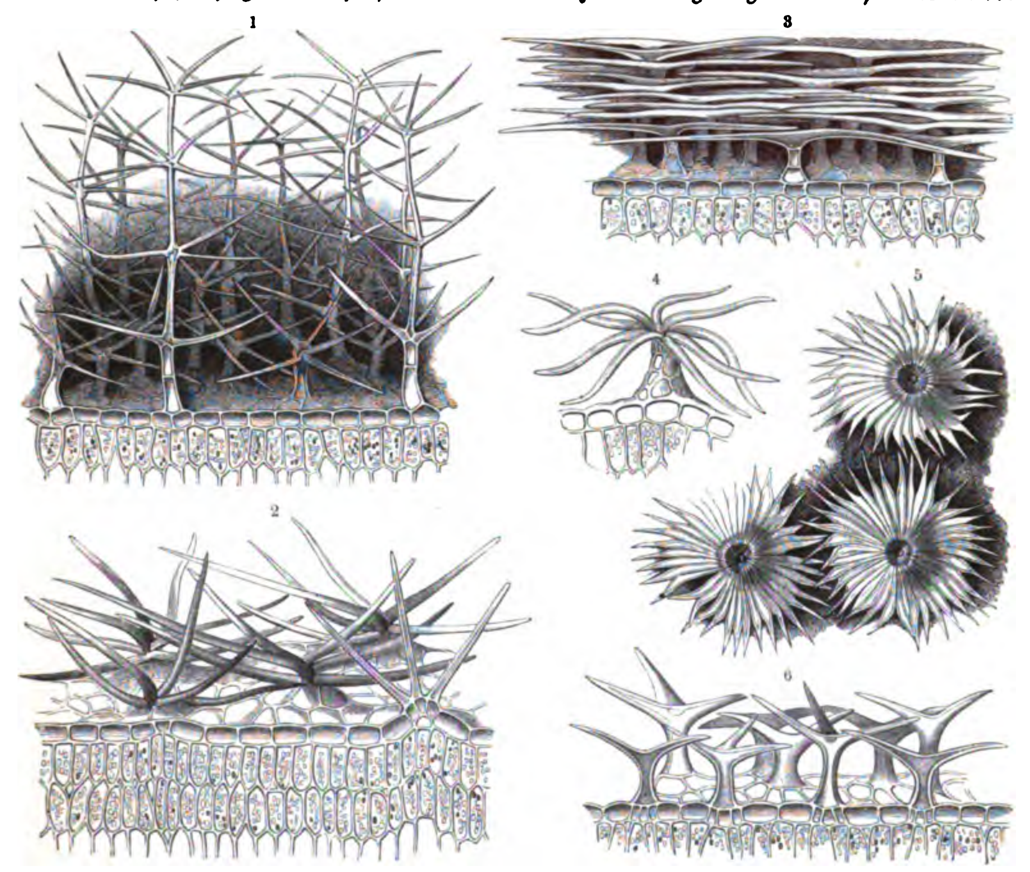


Deckhaare: 1. Gegliederte Wollhaare von Gnaphalium Leontopodium. — 2. Gegliederte Samthaare von Gloxinia speciosa. — 3. Seidenhaare von Convolvulus Cneorum. — 4. Bandförmig zusammengedrückte Wollhaare von Gnaphalium tomentosum. — 5. Schraubig gewundene Wollhaare von Centaurea Ragusina. — 6. Sternhaare von Alyssum Wierzbickii. — 7. Schirmförmige Haare der Koniga spinosa; Flächenansicht. — 8. Dieselben Haare im Durchschnitte. — 9. Sternhaare der Draba Thomasii. — Ungefähr 50mal vergrößert. Vgl. Text, S. 295—297.

bilde, welches von den Schwesterzellen wie von einem Piedestal getragen wird (s. Abbildung, S. 297, Fig. 3). Tausende solcher seltsamen, am besten mit einer Magnetnadel zu vergleichenden Haargebilde bekleiden, dicht zusammengedrängt, die Oberfläche des Blattes und zeigen, wenn sie sehr regelmäßig geordnet sind und das Licht gleichmäßig zurückwerfen, deutlichen Seidenglanz. Sind sie verbogen, so wird auch der Glanz mehr oder weniger abgedämpft. Diese Form der Deckhaare, welche man mit Rücksicht auf den griechischen Buchstaben Tau auch t a u - f ö r m i g genannt hat, ist ungemein verbreitet. Zahlreiche Tragant-Arten, die der mitteländischen Flora angehörigen Skabiosen (Scabiosa cretica, hymettia, graminifolia), mehrere in den südrussischen Steppen heimische Schottengewächse (Syrenia, Erysimum), der prachtvolle neuholländische Aster argophyllus und insbesondere die zahlreichen Wermutarten:

die südeuropäischen Artemisia arborescens und argentea, die den Steppen und der sibirischen Flora angehörenden Artemisia sericea und laciniata, der gewöhnliche Wermut, Artemisia Absynthium, und die wiederholt erwähnte auf den Klippen der Hochgebirge heimische Edelraute Artemisia Mutellina, verdanken ihren Seidenglanz diesen tauförmigen Haarbildungen.

Es kommt auch vor, daß sich die obere, parallel zur Blattfläche gestreckte Zelle der kleinen über die Haut erhobenen Zellgruppe nach drei, vier und noch mehr Richtungen ausstülpt, wodurch sie ein sternförmiges Aussehen erhält. Man sieht dann kleine, drei-, vier- und mehrstrahlige Sternchen, die von einem kurzen Stiele getragen werden, als Decke des



Deckhaare: 1. Flockige Haare des Verbascum thapsiforme. — 2. Büschelförmige Haare der Potentilla cinerea. — 3. Tauförmige Haare der Artemisia Mutellina. — 4. Aktinienartige Haare der Correa speciosa. — 5. Schülfern der Elaeagnus angustifolia. — Sternhaare der Aubrietia deltoidea. — 6. Ungefähr 50mal vergrößert. Vgl. Text, S. 295—298.

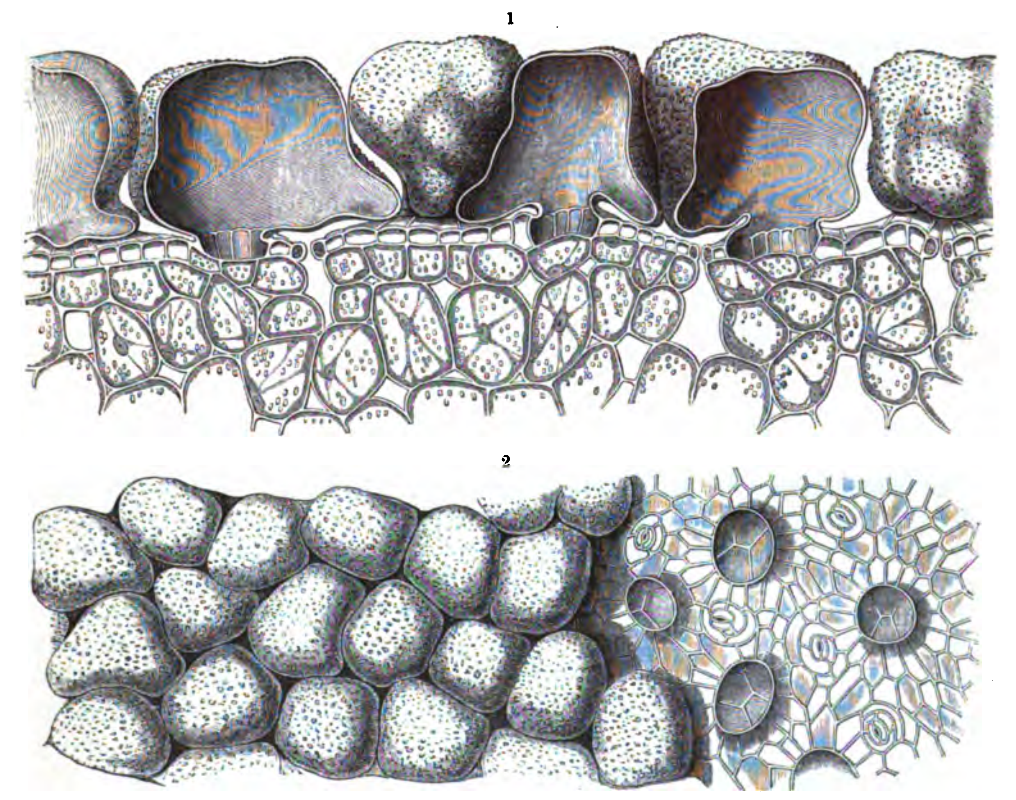
betreffenden Blattes ausgebildet (s. obenstehende Abbildung, Fig. 6, und auf S. 296, Fig. 6). Manchmal sind die Strahlen der sternförmigen Zellen gegabelt, wie das an Draba Thomasii (s. Abbildung, S. 296, Fig. 9) der Fall ist. In seltenen Fällen zeigen diese sternförmigen Zellen auch ein verhältnismäßig großes Mittelfeld, sind nur an ihrem Umfange in kurze Strahlen ausgezogen und haben dann ganz das Ansehen von kleinen Sonnenschirmen, welche über die Blattfläche ausgespannt sind. Die letztere zierliche Form, welche auf S. 296, Fig. 7, 8, abgebildet ist, findet man besonders schön an der in der mittelländischen Flora heimischen Koniga spinosa. Alle diese Deckhaare mit sternförmig ausgezackter Scheitelzelle faßt man unter dem Namen **Sternhaare** (pili stellati) zusammen. Die Schottengewächse und auch die Malven zeigen sie in unerschöpflicher Mannigfaltigkeit.

Wenn sich aus der Gruppe jener Zellen, welche die Anlage eines Deckhaares bilden, die oberste durch Scheidewände teilt, die teilweise senkrecht gegen die Blattfläche gerichtet sind, so entstehen verästelte Haare. Man unterscheidet an dem verästelten Deckhaare die Äste, die fast immer sternförmig gruppiert und meist einzellig sind, und dann den Träger der Äste, der sich zumeist wie ein Piedestal ausnimmt und bald einzellig, bald vielzellig ist. Ist der Träger sehr kurz, und teilt sich die von ihm getragene Zelle durch mehrere strahlenförmig auslaufende, schräg oder senkrecht gegen die Blattfläche gerichtete Scheidewände, so entstehen die büschelförmigen Deckhaare (pili fasciculati). Diese machen manchmal den Eindruck von Seeigeln, die dicht gedrängt einer Fläche aufliegen, sind in der Größe sowie in der Zahl, Länge und Richtung der Äste ungemein mannigfaltig und finden sich besonders häufig an den Fingerkräutern (Potentilla cinerea und arenaria), an Zistrosen und Sonnenröschen (Cistus und Helianthemum). Eine häufig vorkommende Form ist in der Abbildung, S. 297, Fig. 2, dargestellt. Wenn das Fußgestell sehr kurz ist, und wenn die von ihm getragenen, strahlenförmig auslaufenden Astzellen miteinander verwachsen sind, so entsteht eine sternförmige, gestreifte, vielzellige, am Rande ausgezackte Schuppe (s. Abbildung, S. 297, Fig. 5). Diese Schuppen sind meistens eben, liegen der Oberfläche des bekleideten Blattes oder Stengels platt auf, schieben sich mit ihren ausgezackten Rändern übereinander, verdecken die grüne Blattfläche so vollständig, daß dieselbe nicht mehr grün, sondern weiß erscheint, und verleihen dem bekleideten Blatte auch einen lebhaften, fast metallischen Glanz. Man nennt solche Blätter schülferig (lepidotus). Als bekannteste Beispiele solcher mit silberglänzenden Schülfern bekleideter Blätter sind jene der Oleaster- (Elaeagnus-) und der Sanddorn- (Hippophaë-) Arten zu nennen. Sind die Schuppen verbogen, unregelmäßig gefranst und glanzlos, so sieht das von ihnen bekleidete Blatt gerade so aus, als hätte man Kleien darauf gestreut, und es werden solche Blätter auch kleiig (furfuraceus) genannt. Beispiele hierfür bieten insbesondere die Überzüge der Blätter an vielen ananasartigen Gewächsen (Bromeliaceen). Ist die von einem ziemlich hohen Piedestale getragene Gipfelzelle des Haares in zahlreiche strahlenförmig auseinander fahrende Tochterzellen geteilt, so entsteht ein Gebilde, welches einer Knute oder, wenn die strahlenförmigen Zellen kurz sind, einer Seeanemone (Aktinie) einigermaßen ähnlich sieht. Diese Form der Haare findet man beispielsweise an den süd- und osteuropäischen Filzblumen (Phlomis), an mehreren Wollkräutern (Verbascum Olympicum) und mit mehrzelligem Fußgestelle an den Blättern des neuholländischen Strauches Correa speciosa (s. Abbildung, S. 297, Fig. 4). Mitunter baut ein verästeltes Haar mehrere Stockwerke übereinander auf, und es entstehen dadurch Haargebilde, welche unter dem Mikroskope wie Armleuchtergewächse (Characeen) oder auch wie Tannenbäumchen aussehen. Wenn zahlreiche solche bäumchenförmige Haare dicht nebeneinander stehen und mit ihren Ästen ineinander greifen, so macht ein solcher Haarüberzug unter dem Vergrößerungsglase den Eindruck eines kleinen Waldes. Es wird dieses Bild um so augenfälliger, wenn sich unter den höhern mehrstöckigen, bäumchenförmigen Haaren auch einstöckige wie Unterholz im Hochwalde einfinden. Dies ist der Fall an der Königskerze, Verbascum thapsiforme, deren Behaarung die Abbildung auf S. 297, Fig. 1, darstellt. Dem unbewaffneten Auge erscheinen solche Haargebilde als Flocken und werden auch als flockige Haare (pili floccosi) angesprochen. Manche derselben haben die Eigentümlichkeit, daß sie sich zusammenrollen und kleine Knäuel bilden, welche der Blattfläche, auf welcher sie entstanden, das Ansehen geben, als wäre sie mit weißem, grobem Pulver bestreut und bestäubt worden, wie das z. B. an dem unter dem Namen Verbascum pulverulentum bekannten Wollkraute der Fall ist.

Bei gedrängtem Stande der Sternhaare und Büschelhaare, der verzweigten flockigen Haare und der unverzweigten Wollhaare ist es unvermeidlich, daß die benachbarten Haarzellen

sich kreuzen, verschlingen und mehr oder weniger verweben, und es entsteht auf diese Weise eine verfilzte Masse, von der die Oberfläche des betreffenden Pflanzenteiles überzogen wird. Man nennt solche Haarmassen Filz (tomentum) und kann von demselben wieder den Sternhaarfilz, Wollhaarfilz rc. unterscheiden. Oft bildet der Filz nur eine dünne, lockere Schicht, durch welche das Grün der Blattfläche durchschimmert; mitunter ist derselbe aber so dick aufgelagert, daß das überzogene Blatt schneeweiß erscheint.

Während in allen diesen Fällen die luftgefüllten Zellen, aus welchen das gegen Verdunstung schützende Kleid der Pflanzenblätter und Pflanzenstengel gewoben wird, cylindrisch,



Kieselpanzer der Rochea falcata: 1. Durchschnitt senkrecht auf die Blattfläche. — 2. Flächenansicht; rechts ist der blasenförmig aufgetriebene Teil einiger Oberhautzellen entfernt, und dadurch sind die kleinen Oberhautzellen und die Spaltöffnungen ersichtlich gemacht; 350mal vergrößert. Vgl. Text, S. 299 u. 303.

gestreckt, in der Regel sogar sehr stark verlängert sind, präsentieren sich dieselben bei einigen dickblätterigen Pflanzen, namentlich an den Arten der im Kaplande heimischen Gattung Rochea, als blasenförmig aufgetriebene Gebilde, und da diese Blasen in Reih und Glied geordnet aneinander schließen, bilden sie zusammengenommen eine Schicht, die sich über die andern Hautzellen wie ein Panzer ausbreitet. Die gewöhnlichen Hautzellen sind, wie aus obenstehender Abbildung zu ersehen ist, klein und an der Außenwand nur wenig verdickt. Die den Panzer zusammensetzenden Zellen sind dagegen ganz ungewöhnlich vergrößert; schon ihre stielförmige Basis, welche wie eingekeilt inmitten gewöhnlicher Hautzellen sitzt, ist verhältnismäßig groß; aber nun gar die blasenförmige Auftreibung zeigt Dimensionen, welche das Ausmaß der gewöhnlichen Hautzellen um das 600fache übertreffen. Sämtliche Blasen schließen dicht zusammen und werden durch gegenseitigen Druck fast würfelförmig. Wo es trotzdem noch zu einer Lücke kommen würde, bilden sich von den Blasen seitliche Ausbuchtungen

und Ausstülpungen, die sich so ineinander fügen, daß ein vollkommen geschlossener Panzer entsteht. Die Bezeichnung Panzer ist hier um so mehr gerechtfertigt, als die blasenförmig aufgetriebenen Zellen der **Rochea** hart wie Kieselsteine sind. In die Zellhaut derselben ist reichlichst Kieselsäure eingelagert, und durch Ausglühen erhält man von denselben ein ganz ähnliches Kieselskelet wie von den kieselschaligen Diatomaceen. Daß in trockner Zeit ein solcher Panzer den von ihm überdeckten saftreichen Zellen einen ausgezeichneten Schutz gegen Verdunstung bietet, braucht wohl nicht weiter ausgeführt zu werden.

Allerdings kommt hier auch noch ein andrer Umstand in Betracht. Die blasenförmig aufgetriebenen Zellen sind auch an vollständig ausgewachsenen Blättern noch von Protoplasten bewohnt, deren jeder einen sehr dünnen Wandbeleg bildet und eine große, mit Zellsaft erfüllte Leibeshöhle besitzt; erst an ältern Blättern erscheinen dann die blasenförmigen Zellen mit Luft gefüllt. Solange sie noch wässerigen Zellsaft enthalten, bilden sie Wasserspeicher, aus welchen die darunterliegenden, chlorophyllführenden grünen Zellen zur Zeit der größten Dürre, wenn alle andern Quellen erschöpft sind, Wasser beziehen können. Gerade der Umstand, daß hier die Wasserspeicher an der Peripherie der Pflanze gelegen sind, wo doch der Anregungsmittel zur Ausdünstung in die umspülende Luft so viele sind, beweist, wie gut die verkieselten Wände dieser Blasen funktionieren. Man kann dieselben geradezu mit Glasgefäßen vergleichen, deren Mündungen gegen das grüne Gewebe gerichtet sind, deren Wände aber absolut kein Wasser durchlassen.

Gestalt und Lage der ausdünstenden Blätter und Zweige.

Es wurde früher die Vergrößerung der grünen Blattflächen als ein Förderungsmittel der Transpiration erklärt, das insbesondere dann, wenn die betreffende Pflanze in feuchter Luft wächst, von größtem Belange ist. Umgekehrt wird eine Verkleinerung der grünen Flächen eine Beschränkung der Transpiration zu bedeuten haben. Dieses Verhältnis findet zunächst seinen Ausdruck darin, daß thatsächlich in allen Florengebieten, in welchen die Thätigkeit der Vegetation durch zunehmende Trockenheit beschränkt oder eingestellt wird, das Laub der Pflanzen weniger ausgebreitet ist, namentlich, daß dasselbe eine Verschmälerung erfährt. Es ist auch zu auffallend, um nicht allgemein bekannt zu sein, daß eine und dieselbe Art, wenn sie an einem trocknen, sonnigen Standorte wächst, kleineres, insbesondere schmäleres Laub zeigt als dann, wenn sie an einem feuchten Standorte aufgewachsen war. Wenn man, von den Berglandschaften am Rande des ungarischen Tieflandes ausgehend, die Pußten der Niederung besucht, so tritt sofort gerade dieser Gegensatz an den Pflanzen am meisten hervor. Eine Menge von Stauden und Kräutern, **Anchusa officinalis, Linum hirsutum, Alyssum montanum, Thymus Marschallianus** ꝛc., zeigen auf dem dürren Sande der Ebene viel schmälere Blätter als in den Thälern des Berglandes. Neben der Verschmälerung des Laubes kommt dann weiterhin auch die Runzelung der Blätter, beziehentlich die Bildung von grubigen Vertiefungen in der Fläche derselben in Betracht. Streng genommen ist das freilich keine Verkleinerung der ganzen Oberfläche des Blattes, wohl aber eine Verkleinerung derjenigen Fläche, welche von der Sonne beschienen und vom Winde bestrichen wird. Gerade darum aber handelt es sich hier. Mit Rücksicht auf die Wasserabgabe kommt nur das Ausmaß jener Flächen in Rechnung, auf welche die Anregungsmittel der Verdunstung unmittelbar Einfluß nehmen, während das Ausmaß der grubigen Vertiefungen, welche den Sonnenstrahlen und dem Anpralle trockner Luftströmungen nicht ausgesetzt sind, gewissermaßen abzuziehen ist. Im ganzen genommen, sind übrigens Gewächse mit runzeligem und grubig vertieftem Laube nicht

sehr häufig. Am meisten beobachtet man die Runzelung noch an ganz jungen, eben erst aus den Hüllen der Knospen hervorbrechenden Blättern, deren Hautzellen noch nicht genügend mit Korksubstanz verdickt sind. Später, wenn einmal die Ausbildung der Kutikula vorgeschritten ist, glätten sich dann die Runzeln, und das Blatt wird allmählich ebenflächig.

Daß jene grubigen Vertiefungen, in deren Grunde die Spaltöffnungen geborgen sind (s. Abbildungen, S. 274 u. 285), gleichfalls beitragen können, die Verdunstung zu beschränken, wurde schon früher angedeutet. Es liegt darin durchaus kein Widerspruch, daß dasselbe Gebilde einmal das Eindringen von Wasser und die Benetzung der in der Tiefe der Gruben geborgenen Spaltöffnungen, ein andermal den direkten Anprall trockner Winde und eine zu weit gehende Verdunstung hindert. Jedes zu seiner Zeit. Wenn das Laub der neuholländischen Proteaceen während des Sommerschlafes monatelang den sengenden Sonnenstrahlen und der warmen, trocknen Luft ausgesetzt ist und jeder Zufluß von Wasser aus dem Boden aufgehört hat, dann muß die Verdunstung der Blätter möglichst beschränkt werden, und dann werden die grubenförmigen Vertiefungen in diesem Sinne ihre Schuldigkeit thun. Wenn aber später die Gewächse aus dem langen Schlafe der Dürre erwachen und in der äußerst kurz bemessenen Zeit, in welcher sie sich mit neuer Nahrung versorgen, wachsen, blühen und Früchte reifen sollen, Regenguß auf Regenguß vom trüben Himmel niederrauscht und alle Blätter von Nässe triefen, ist es wieder von Wichtigkeit, daß trotz dieser für die Verdunstung nichts weniger als günstigen Verhältnisse dennoch eine ausgiebige Transpiration der Pflanzen stattfindet, und daß die Funktion der Spaltöffnungen in keiner Weise durch die Nässe behindert wird. Dann aber werden dieselben grubenförmigen Vertiefungen, welche in der Trockenperiode gegen Verdunstung schützten, die Spaltöffnungen vor Nässe zu bewahren haben.

An vielen Pflanzen erfährt die Ausdünstung der oberflächlichen Gewebe eine Beschränkung dadurch, daß die Blätter wie die Schuppen auf dem Rücken eines Fisches der Unterlage fest angepreßt sind. Die obere, dem Stengel anliegende, manchmal auch angewachsene Seite eines jeden Blattes ist dann den Anregungsmitteln der Verdunstung entzogen, und die Transpiration kann nur von der etwas gewölbten oder auch gekielten Rückseite der schuppenartigen grünen Blättchen stattfinden. So findet man es beispielsweise an den Lebensbäumen, an mehreren Wachholderarten, an Thujopsis, Libocedrus und verschiedenen andern Koniferen. Es ist nicht uninteressant, zu sehen, daß bei mehreren dieser als Beispiele angeführten Nadelhölzer die schuppenförmigen grünen Blättchen sich nur dann dem Stengel andrücken, wenn sie den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, während sie abstehen, wenn die betreffenden Zweige im Schatten zu liegen kommen.

Eine weitere Verkleinerung der verdunstenden Oberfläche wird durch die Ausbildung des Dickblattes erreicht. Um die hier in Betracht kommenden Verhältnisse möglichst anschaulich zu machen, ist es vielleicht am Platze, folgende Bemerkungen einzuschalten. Wenn man eine Bleiplatte von der Dicke eines Millimeters und der Breite und Länge von beiläufig 8 cm in einen soliden Cylinder umwandelt, so beträgt der Durchmesser dieses Cylinders nur 1 cm, und die ganze Oberfläche des Cylinders ist fünfmal kleiner, als die Oberfläche der Platte war. Wendet man nun diese Zahlen auf den Gewebekörper eines Pflanzenblattes an, so ist damit ein Anhaltspunkt gegeben, um sich vorzustellen, wievielmal kleiner die transpirierende Fläche eines dicken, cylindrischen im Vergleiche zu jener eines dünnen, plattenförmigen Blattes ist. Solche Dickblätter, welche sich der Cylinderform mehr oder weniger nähern, findet man auch regelmäßig dort, wo die Transpiration für längere Zeit sehr herabgesetzt werden muß, also beispielsweise in den mittel- und südeuropäischen Gebirgsgegenden, an den auf leicht austrocknendem sandigen Boden, an Steinwänden und Mauern vorkommenden Arten der Gattung Sedum (Sedum album, reflexum, dasyphyllum,

atratum, Boloniense, Hispanicum &c.), in auffallender Weise auch an vielen auf Felsen oder als Überpflanzen auf der Borke der Bäume wachsenden tropischen Orchideen Ostindiens, Mexikos und Brasiliens, welche länger als ein halbes Jahr großer Trockenheit ausgesetzt sind (Brasavola cordata und tuberculata, Dendrobium junceum, Leptotes bicolor, Oncidium Cavendishianum und longifolium, Sarcanthus rostratus, Vanda teres und viele andre), insbesondere aber an den Aloen und Stapelien, den Arten von Cotyledon, Crassula und Mesembryanthemum, welche an den dürrsten Stellen im Kaplande ihre Heimat haben. Auch mehrere an den felsigen Klippen am Meeresstrande im Sonnenbrande wachsende Doldenpflanzen, Korbblütler und Portulakaceen (Inula crithmoides, Crithmum maritimum, Talinum fruticosum) und viele Salsolaceen der Wüsten und Salzsteppen sowie endlich auch einige Proteaceen der zwei Drittel des Jahres hindurch der Trockenheit ausgesetzten Landstriche Neuhollands sind durch die Ausbildung von Dickblättern ausgezeichnet.

Was bei den dickblätterigen Pflanzen durch die Gestalt der Blätter erzielt wird, erreichen die sogenannten Nopalgewächse dadurch, daß ihre Stengel kein Laub entwickeln, sondern selbst dick und fleischig werden und die Funktionen des Laubes übernehmen. Das grüne Gewebe ist bei denselben der Rinde des Stammes eingelagert, die darüber ausgebreitete Haut enthält Spaltöffnungen wie die Haut der Laubblätter, und diese grüne Rinde transpiriert und funktioniert überhaupt ganz so, wie es sonst die grünen Laubblätter thun. Wenn die Stämme der Nopalgewächse reich verästelt und die Zweige kurz sind, sehen sie mitunter dickblätterigen Pflanzen sehr ähnlich. Manchmal sind auch die einzelnen Glieder des Stengels und der Zweige als fleischige, blattähnliche Scheiben ausgebildet, wie das bei der Gattung Feigenkaktus (Opuntia) der Fall ist, und solche Stengelglieder werden von den Laien auch gewöhnlich für dicke Blätter gehalten. Gärtner fassen überhaupt die Dickblätter und die Nopale unter dem gemeinsamen Namen der Fettpflanzen oder Sukkulenten zusammen. Neben den blattlosen, kandelaberartigen, baumförmigen Wolfsmilcharten Afrikas und Ostindiens, von welch letztern die eingeschaltete, nach einem von Königsbrunn an Ort und Stelle ausgeführten Aquarelle hergestellte Tafel „Wolfsmilchbäume in Ostindien" ein treffliches Bild gibt, gehören zu den Nopalgewächsen die Opuntien und Kakteen, die Cereus-, Echinocactus-, Melocactus- und Mamillaria-Arten, welche von Chile und Südbrasilien über Peru, Kolumbien, die Antillen und Guatemala verbreitet, insbesondere aber auf der Hochebene Mexikos in einer erstaunlichen Mannigfaltigkeit von Formen entwickelt sind. Noch weit mehr als die Dickblätter sind die Nopalgewächse den größten Teil des Jahres hindurch außerordentlicher Trockenheit ausgesetzt. Ihre gewöhnlichsten Standorte sind die dürren sandigen und steinigen Ebenen, die wüsten felsigen Plateaus, die Ritzen des zerklüfteten Gesteines, welche der Dammerde fast völlig entbehren. Immer bewohnen sie Gegenden, welche nahezu drei Vierteile des Jahres hindurch des Regens vollständig entbehren und die überhaupt zu den trockensten der Erde gehören Diesen Verhältnissen des Standortes entspricht denn auch die ganze Organisation der Nopale. An Stelle der Laubblätter sieht man trockne Schuppen und Haare ausgebildet, und vielfach sind die Laubblätter auch in Stacheln metamorphosiert, welche, in großer Zahl von den dicken Stengelbildungen abstehend, diese vor den Angriffen der dürstenden Tiere so gut wie möglich schützen. Die Haut der zu säulen-, scheiben- oder kugelartigen Massen auswachsenden Stämme ist an ihrer Außenwand fast knorpelig verdickt, und häufig wird durch reichliche Einlagerung von oxalsaurem Kalke (bis zu 85 Prozent!) ein förmlicher Panzer um die tiefer liegenden grünen Gewebe ausgebildet. Die meisten Dickblätter und Nopale, deren an die Luft angrenzende Zellhäute mit oxalsaurem Kalke, mit Kieselsäure oder Korkstoff gepanzert sind, enthalten in ihrem Gewebe auch besondere Zellgruppen, welche augenscheinlich der Aufbewahrung von Wasser für die der atmosphärischen Niederschläge



WOLFSMILCHBÄUME IN OSTINDIEN.

(Nach Aquarell von v. Königsbrunn.)

entbehrende Jahreszeit dienen, und die man Wassergewebe genannt hat. Das Wasser ist in diesen Wasserspeichern immer so bemessen, daß es von der einen bis zur andern Regenzeit ausreicht, das heißt, daß die von dem aufgespeicherten Wasser zehrenden angrenzenden grünen Gewebe während der trocknen Periode keinen Wassermangel leiden. Es ist auch an allen diesen Pflanzen die Einrichtung getroffen, daß sofort nach dem Falle der ersten Regen die Speicher wieder mit Wasser gefüllt werden, und daß die Entleerung und Füllung der speichernden Zellen, die Abnahme und Zunahme ihres Volumens auf die angrenzenden Gewebe keinen nachteiligen Einfluß übt. Man hat nicht unpassend die Nopalgewächse den Kamelen, den „Schiffen der Wüste", verglichen, welche sich auch auf einmal mit größern Mengen von Wasser versorgen, dann aber längere Zeit desselben ohne Nachteil entbehren können. Die Zellen des Wassergewebes sind verhältnismäßig groß und die Wände derselben dünn; das in denselben thätige Protoplasma bildet einen zarten Wandbeleg, beziehentlich einen Schlauch, dessen Leibeshöhle mit wässeriger, häufig etwas schleimiger Flüssigkeit erfüllt ist. Bei den Nopalen ist das Wassergewebe möglichst versteckt im Innern des dicken, säulenförmigen oder kugeligen Stammes; auch bei vielen Dickblättern, so namentlich bei einem Teile der europäischen Arten der Gattung Sedum (z. B. Sedum album, dasyphyllum, glaucum), bei den südafrikanischen Arten der Gattungen Aloë und Mesembryanthemum (z. B. Mesembryanthemum blandum, foliosum, sublacerum), ist das Wassergewebe in der Mitte des Blattes geborgen und wird meistens aus Zellen zusammengesetzt, welche die dort verlaufenden Gefäßbündel umgeben. Bei dem unter dem Namen Fetthenne bekannten Sedum Telephium, ebenso bei den Arten der Gattung Hauswurz (Sempervivum) sowie bei vielen steppenbewohnenden Salsolaceen sind die Verzweigungen der Gefäßbündel von einem Mantel aus grünem Gewebe eingehüllt, und die mit grünen Zellen gleichsam belegten Gefäßbündel sind dem farblosen Wassergewebe so eingelagert, daß sie von dem freien Auge als grüne Stränge in einer wasserhellen, durchscheinenden Masse gesehen werden. Bei den mexikanischen Echeverien ist das Wassergewebe in breiten Streifen dem grünen Gewebe eingeschaltet, und bei den dickblätterigen Orchideen kommt es vor, daß das Wassergewebe zwischen die grünen Zellen gleichsam eingesprengt ist. Zahlreichen andern Dickblättern dient merkwürdigerweise die Haut zur Aufspeicherung des Wassers. Es sind dann einzelne Hautzellen außerordentlich vergrößert und erheben sich über die andern in Gestalt von Schläuchen, Kolben und Blasen, wie es die Abbildung der Rochea auf S. 299 zeigt. Diese Blasen schließen entweder zu einem einschichtigen, gefelderten Panzer zusammen, oder sie sind manchmal auch unregelmäßig nebeneinander und übereinander gestellt. In einigen Fällen bilden sie getrennte Gruppen oder sind auch vereinzelt, erscheinen dem freien Auge als Erhabenheiten auf den grünen Stengeln und Blättern und glitzern und funkeln im Sonnenscheine wie ein Besatz von Tauperlen. Manche Blätter und Zweige, wie z. B. jene des weitverbreiteten Kristallkrautes (Mesembryanthemum cristallinum), haben die größte Ähnlichkeit mit kandierten Früchten, an deren Oberfläche farblose, wasserhelle Zuckerkristalle schimmern.

Wenn die Wände dieser schlauch- oder blasenförmigen, außerordentlich aufgetriebenen Zellen der Oberhaut verkieselt sind, wie jene der wiederholt genannten Rochea, so begreift man leicht die Möglichkeit, daß der wässerige Zellsaft, den sie enthalten, nicht in die Atmosphäre verdunstet; die Flüssigkeit ist hier wie in einer Glasflasche geborgen und kann nur in der Richtung gegen das grüne Gewebe zu abgegeben werden. Wie aber dann, wenn die Wände der blasenförmigen Riesenzellen der Haut nicht verkieselt, ja nicht einmal besonders verdickt sind? Beim Anblicke des Kristallkrautes sollte man glauben, daß ein einziger trockner, warmer Tag genügen würde, um die mit Wasser gefüllten Blasen zum Schrumpfen und Vertrocknen zu bringen. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Man

kann abgeschnittene beblätterte Zweige des Kristallkrautes tagelang auf trocknem Boden und in trockner Luft im Sonnenscheine liegen lassen, ohne daß die großen, blasigen Zellen an der Oberfläche ihren wässerigen Inhalt verlieren; erst nach Wochen sinken sie zusammen und haben ihr Wasser abgegeben, aber nicht an die Atmosphäre, sondern an das von der blasigen Haut überdeckte grüne Gewebe. Ohne Zweifel ist diese Erscheinung mit einem eigentümlichen Baue der Zellwand in Zusammenhang zu bringen; ebenso gewiß aber ist hier auch der Gehalt des die Blasen erfüllenden Zellsaftes nicht ohne Bedeutung, und es ist vorauszusetzen, daß in der wässerigen Flüssigkeit der blasenförmigen Zellen Stoffe gelöst sind, welche die Verdunstung des Wassers beschränken.

Als solche Stoffe, welche das Wasser mit großer Energie festhalten und dadurch die betreffenden Gewächse befähigen, Perioden der größten Trockenheit anstandslos durchzumachen, beobachtet man teils zähe, gummiartige und harzige Säfte, teils Salze. Es ist bekannt, daß die klebrige, wasserreiche Masse der zerquetschten Mistelbeeren, die man zur Bereitung des „Vogelleimes" benutzt, monatelang der Luft ausgesetzt sein kann, ohne daß sie ganz austrocknet, und ähnlich verhält es sich auch mit den zähen Säften in vielen Nopalen und Dickblättern, namentlich den Aloen des Kaplandes, welche kein Wasser abgeben und welche die mit ihnen versehenen Pflanzen in den Stand setzen, monatelanger Dürre zu trotzen. An den Dickblättern der Salzsteppen und Wüsten sind die Säfte seltener harzig und gummiartig, sondern enthalten häufig eine überraschende Menge von im Wasser gelösten Salzen, Kochsalz, Chlormagnesium und dergleichen, und diese Salze halten gleichfalls das Wasser in verhältnismäßig großer Menge sehr hartnäckig zurück. Es gehört zu den überraschendsten Erscheinungen, in den Salzsteppen gerade zur Zeit der größten Dürre des Bodens, im Hochsommer, nachdem monatelang keine Wolke die Strahlen der Sonne abgeschwächt hat und kein Tropfen Regen gefallen war, wenn fast alle andern Pflanzen längst vergilbt und verdorrt sind, die dickblätterigen Salsolaceen grün und saftstrotzend sich über dem Boden ausbreiten zu sehen. Der große Salzgehalt ihrer Säfte gibt ihnen eine Widerstandsfähigkeit, die fast noch größer ist als jene, welche durch den Gehalt an gummiartigen und schleimig-harzigen Stoffen veranlaßt wird.

Es muß übrigens hier noch erwähnt werden, daß nicht allen wasserreichen Zellen eines grünen Blattes oder grünen Stengels die Bedeutung von Wasserspeichern für die trocknen Jahresperioden zukommt, und daß die den grünen Geweben anliegenden wasserreichen Zellengruppen und Zellenzüge, zumal das sogenannte äußere Wassergewebe, in sehr vielen Fällen eine andre wichtige Rolle, nämlich die Leitung der Kohlensäure zu den Stellen des Verbrauches, übernehmen, worauf im nächsten Kapitel die Rede kommen wird.

Äußerste Beschränkung des Laubes und Ausbildung von grünem transpirierenden Gewebe in der Rinde der Stengel zeigt außer den Nopalgewächsen auch noch eine Gruppe von Pflanzen, welche unter dem Namen Rutengewächse begriffen werden. Im Gegensatze zu den Nopalen, welche durch wenig verzweigte Achsen und massige, verdickte, fleischige, starre, im Winde unbewegte Stengelglieder charakterisiert werden, sind die Rutengewächse durch dünne, schlanke, gertenförmige Stengel und Zweige gekennzeichnet. Sie gliedern sich wieder in solche, welche schwank, hohl und wenig verästelt sind, wie beispielsweise die Schachtelhalme (Equisetum), die Simsen (Scirpus), die Binsen (Juncus), die Knopfgräser (Schoenus) und mehrere Cypergräser (Cyperus), und in die besenartigen Sträucher mit holzigen, starren, in unzählige Zweige und Zweiglein aufgelösten Ästen. Die erstern sind über die ganze Welt verbreitet, die letztern dagegen sind vorzüglich in Neuholland und in den Küstenlandschaften des Mittelmeeres vertreten. In Neuholland sind es vorzüglich die Kasuarineen und mehrere Gattungen der Schmetterlingsblütler und Santalaceen (Sphaerolobium, Viminaria, Leptomeria, Exocarpus), welche in dieser

bizarren Form erscheinen, und von denen sich einige selbst zu Bäumen erheben. In der mittelländischen Flora erscheinen einzelne Arten und Gruppen aus den Familien der Asparageen, Polygaleen und Resedaceen, ganz vorzüglich aber wieder Schmetterlingsblütler und Santalaceen, deren steife, dünne, gertenförmige, grün berindete Zweige blattlos in die Luft starren. Mehrere der rutenförmigen Schmetterlingsblütler aus den Gattungen **Retama, Genista, Cytisus** und **Spartium** wachsen gesellig, überziehen oft weite Strecken in dichten, geschlossenen Beständen und tragen so nicht wenig zu der landschaftlichen Eigentümlichkeit des Gebietes bei. Von dem Besenstrauch (**Spartium scoparium**), welcher untenstehend abgebildet ist, werden an der istrischen Küste mehrere kleine Felseilande, die man

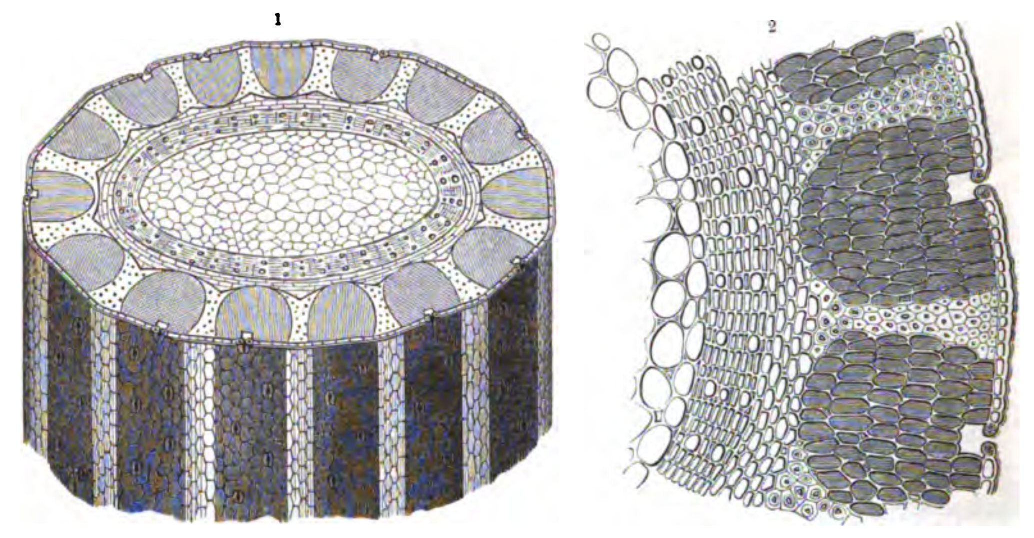


Rutengewächse: Gestrüppe des Besenstrauches (Spartium scoparium) auf einem Felseilande bei Rovigno in Istrien.

dort Scoglien nennt, buchstäblich ganz überwuchert. Im Mai erscheinen an den grünen Gerten des Besenstrauches große, goldige, wie Akazien duftende Blüten, und es ist dann auf kurze Zeit das düstere Grün der Rutensträucher in leuchtendes Gelb umgewandelt. Wer gerade zu dieser Zeit entlang der Küste dahinfährt, sieht seltsamerweise goldiggelbe Inseln aus dem dunkelblauen Meere sich erheben. Freilich ist dieser Blütenschmuck ein rasch vorübergehender; später hält der Besenstrauch einen ausgesprochenen Sommerschlaf, und man kann sich dann nicht leicht etwas Einförmigeres und Trostloseres denken als ein solches dürres, quellenloses, mit diesem Strauche überzogenes Felseninselchen.

Der Besenstrauch gehört zu jenen Rutengewächsen, welche nicht vollständig blattlos sind, sondern an den langen Reisern vereinzelte grüne, lanzettliche Blättchen entwickeln. Diese sind aber so untergeordnet, daß ihr grünes Gewebe nur zum kleinsten Teile die für den weitern Zuwachs der Pflanze notwendige organische Substanz bilden könnte, und es

kommt diese Aufgabe vorwiegend der Rinde der rutenförmigen Zweige zu. Diese Rinde ist dem entsprechend auch ganz eigentümlich gebaut. Unter der Haut, deren Zellen nach außen zu sehr dickwandig und überdies mit Wachs überzogen sind, befindet sich das grüne, transpirierende Gewebe oder Chlorenchym, welches aus 5—7 Reihen von Zellen besteht. Dieses grüne Gewebe bildet keinen zusammenhängenden Mantel rings um den ganzen Stengel, sondern wird durch strahlenförmige, aus Hartbast gebildete Leisten (s. untenstehende Abbildung) in 10—15 dicke Streifen geteilt. Unter der aus grünem Gewebe und den eingeschalteten Bastleisten gebildeten Rinde folgen dann Weichbast, Kambium, Holz und ein mächtiges Mark, welche Gewebe hier nicht weiter interessieren. Beachtenswert aber ist, daß in den grünen Streifen der Rinde des Besenstrauches die mit Chlorophyll erfüllten grünen Zellen des Chlorenchyms eng aneinander schließen, und daß sich nur sehr schmale Luftgänge



Rutensträucher: 1. Ein Stammstück des Besenstrauches (Spartium scoparium), quer durchschnitten; 80fach vergrößert. — 2. Ein Stück des Querschnittes; 240mal vergrößert.

zwischen ihnen verzweigen, daß es also hier zur Bildung eines von weiten Kanälen und Gängen durchsetzten Schwammparenchyms nicht gekommen ist. Dagegen finden sich, gewissermaßen als ein Ersatz für diese weiten, verzweigten Kanäle, und zwar dort, wo das grüne Gewebe an die Haut angrenzt, große Höhlen, und über jeder dieser Höhlen ist in der Haut eine Spaltöffnung zu sehen, durch welche der von den grünen Zellen zunächst in diese Höhlen abgegebene Wasserdampf entweichen kann (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2). Die Spaltöffnungen sind verhältnismäßig klein, aber ihre Zahl ist eine sehr große. Da die Schließzellen der Spaltöffnungen nach außen nicht so stark verdickt sind wie die andern Hautzellen, so erscheinen die Spaltöffnungen etwas eingesenkt. Dadurch und auch infolge des Wachsüberzuges der Hautzellen sind sie gegen Benetzung geschützt. Bei den Kasuarinaceen und dem strahligen Geißklee (s. Abbildung, S. 275) ist das grüne Gewebe in der Rinde der Zweige ganz ähnlich wie bei dem eben geschilderten Besenstrauche verteilt, nur sind dort die am Stengel hinauflaufenden Streifen aus grünem Gewebe, entsprechend der Furchung der Rinde, tief eingebuchtet. Bei einigen andern blattlosen Rutensträuchern, so namentlich bei den Arten der Gattung Meerträubel (Ephedra), bildet das Chlorenchym einen gleichmäßigen, nicht durch Bastleisten unterbrochenen Mantel rings um die Zweige. Dann sind aber auch die Spaltöffnungen gleichmäßig über den ganzen Umfang der rutenförmigen

Zweige verteilt, während sie bei dem Besenstrauche, den Kasuarinaceen und dem strahligen Geißklee an jenen Stellen, wo die Haut sich über eine Leiste aus Hartbast zieht, fehlen.

Die Flachsproßgewächse unterscheiden sich von den Rutengewächsen dadurch, daß ihre Triebe nicht alle stielrund, sondern teilweise flächenförmig verbreitert und wie plattgedrückt sind. Wenn sich diese Verbreiterung auf die sogenannten Kurztriebe beschränkt, d. h. wenn



Flachsproßgewächse: 1. Junger Trieb von Ruscus Hypoglossum. — 2. Derselbe Trieb ausgewachsen, mit Blüten auf den Flachsprossen. — 3. Junger Trieb von Ruscus aculeatus. — 4. Derselbe Trieb mit Blüten auf den Flachsprossen. Vgl. Text, S. 307—309.

an einem Stocke nur die letzten, vergleichsweise kurzen Verzweigungen flächenförmig ausgebreitet sind, die Hauptachsen aber wie gewöhnliche Stengel stielrund bleiben, so machen solche Gebilde ganz den Eindruck von Blättern, die auf stielrunden Stengeln aufsitzen. Die Deutung, welche sie von seiten der Botaniker erfahren, will dem Laien im ersten Anblicke nicht recht einleuchten. Warum sollen diese flachen, grünen Bildungen nicht Blätter, sondern Zweige sein? Betrachtet man die obenstehende Abbildung, welche zwei Flachsproßgewächse, nämlich zwei Mäusedornarten (Ruscus Hypoglossum und aculeatus), jede im

ersten Entwickelungsstadium und zugleich im ausgewachsenen Zustande nebeneinander zeigt, so wird die Sache sofort verständlich. Man sieht an den jungen, eben erst aus dem Boden hervorgekommenen Sprossen (s. Abbildung, S. 307, Fig. 1 und 3) die wirklichen Blätter in Gestalt von bleichen, kleinen Schuppen auf den rundlichen, fein gestreiften Langtrieben aufsitzen, und aus den Winkeln, welche diese Schuppen mit den Langtrieben bilden, entspringen



Flachsproßgewächse: 1. Colletia cruciata. — 2. Carmichelia australis. — 3. Phyllanthus speciosus. Vgl. Text, S. 309.

dunklere, viel derbere Organe, die sich rasch vergrößern, während die sie stützenden häutigen Schuppen vertrocknen, zusammenschrumpfen und schließlich spurlos verschwinden. Da man nun die aus der Achsel von Blättern (gleichgültig, ob diese kleine, häutige Schuppen oder große, grüne Flächen sind) entspringenden Glieder nicht als Blätter, sondern als Sprosse betrachtet und bezeichnet, so werden auch diese flachen, blattähnlichen Gebilde des Mäusedornes als Sprosse aufgefaßt und Flachsprosse oder auch mit Rücksicht auf ihre Ähnlichkeit mit Blättern Blattäste (Phyllokladien) genannt. Bekräftigt wird diese Auffassung wesentlich dadurch, daß sich die blattähnlichen Gebilde in der weitern Entwickelung und Sproßfolge

ganz so wie gewöhnliche stielrunde Triebe oder Äste verhalten. Es entspringen nämlich von ihnen schuppenförmige Blättchen, und aus den Achseln dieser Schuppen gehen gestielte Blüten hervor (s. Abbildung, S. 307), die schließlich zu Früchten werden. Die Gewächse, welche solche Blattäste entwickeln, sind im ganzen nicht sehr häufig. Die oben als Beispiele gewählten Mäusedornarten gehören dem südlichen Europa an und erscheinen dort massenhaft im Grunde lichter, trockner Wälder, wo im Hochsommer alles in tiefem Schlafe ruht. Auf den Antillen und in den Grasfluren Ostindiens finden sich einige zwanzig strauchförmige Arten, die zur Familie der wolfsmilchartigen Gewächse, in die Gattung Phyllanthus, gehören, und auch Neuseeland beherbergt eins dieser sonderbaren Flachsproßgewächse in der zu den Schmetterlingsblütlern gehörigen Gattung Carmichelia. Bei den Arten dieser beiden Gattungen (s. Abbildung, S. 308) sind die Flachsprosse lanzettlichen Laubblättern ungemein ähnlich, und die eigentlichen Blätter sind in kleine, bleiche Schüppchen umgebildet. Diese Schüppchen stehen an der Kante der Flachsprosse, und ebenda entspringen auch aus den Achseln derselben die blüten- und fruchttragenden Stiele. Auf den Anden Südamerikas finden sich auch die merkwürdigen Kolletien, von welchen eine Art, nämlich Colletia cruciata, in der Abbildung, S. 308, Fig. 1, dargestellt ist. Die Blättchen sind an diesen bizarren Sträuchern winzig, aber doch nicht bleich und schuppenförmig, und die grünen Flachsprosse, welche die Rolle der Laubblätter spielen, bilden sehr feste, paarweise gegenüberstehende, zusammengedrückte, in Spitzen auslaufende Organe, von welchen immer ein Paar gegen das andre um einen rechten Winkel verdreht ist. Wieder etwas anders verhält es sich bei dem auf den Salomoninseln heimischen Knöterich Coccoloba platyclada und bei dem auf der Insel Sokotora vorkommenden Cocculus Balfourii. Es ist aber unmöglich, hier auf alle diese Verschiedenheiten detailliert einzugehen, und es genügt, die auffallendsten Formen der Flachsproßgewächse, durch die Abbildungen auf S. 307 und 308 erläutert, vorgeführt zu haben.

Wenn bei allen diesen sonderbaren Pflanzen die Zweige flächenförmig ausgebreitet sind, so kann man wohl nicht behaupten, daß die Oberfläche ihrer transpirierenden Gewebe eine Beschränkung des Umfanges erfährt, und insofern hat allerdings diese Ausbildung mit der Herabsetzung der Transpiration nichts zu thun. Ihre diesfällige Bedeutung ist auch in der That wo anders zu suchen. Sie liegt darin, daß die blattähnlichen Sprosse mit ihrer Fläche nicht wagerecht, sondern lotrecht gerichtet sind. Im Gegensatze zur Mehrzahl der Flachblätter, die ihre Breitseite voll und ganz dem einfallendeu Lichte zuwenden, erscheinen demnach die Flachsprosse vertikal gestellt, so daß sie zur Mittagszeit nur einen sehr schmalen Schatten werfen und der Sonne den Weg zum Boden nicht verwehren. Begreiflicherweise wird aber ein solches vertikal aufgerichtetes, gleichsam auf die Kante gestelltes blattartiges Gebilde viel weniger verdunsten als ein Laubblatt, dessen Fläche den zur Mittagszeit einfallenden Sonnenstrahlen ausgesetzt ist. Die Arbeit in den grünen Zellen, welche sich unter dem Einflusse des Lichtes vollzieht, wird durch diese Richtung des blattartigen Gebildes nicht beeinträchtigt. Können die vertikal gestellten grünen Flächen zur wärmsten Zeit des Tages von den Sonnenstrahlen auch weniger gut durchleuchtet werden, so wird das reichlich dadurch aufgewogen, daß deren Breitseiten dem Lichte der Morgen- und Abendsonne ausgesetzt sind. Dagegen ist zur Zeit des Sonnenauf- und Niederganges keine so starke Erwärmung und daher auch keine so starke Verdunstung zu befürchten wie dann, wenn die Sonne im Zenithe steht. Um es kurz zu sagen: es wird durch die Vertikalstellung der grünen Flächen nur die Verdunstung, nicht aber auch die Durchleuchtung beschränkt, und man hat daher diese Metamorphose wohl mit Recht als Schutzmittel gegen eine zu weit gehende Verdunstung aufzufassen. Man findet diese Vorrichtung auch nur an Pflanzen trockner Gebiete, wo die Verdunstung nicht gefördert zu werden

ersten Entwickelungsstadium und zugleich im ausgewachsenen Zustande nebeneinander zeigt, so wird die Sache sofort verständlich. Man sieht an den jungen, eben erst aus dem Boden hervorgekommenen Sprossen (s. Abbildung, S. 307, Fig. 1 und 3) die wirklichen Blätter in Gestalt von bleichen, kleinen Schuppen auf den rundlichen, fein gestreiften Langtrieben aufsitzen, und aus den Winkeln, welche diese Schuppen mit den Langtrieben bilden, entspringen



Flachsproßgewächse: 1. Colletia cruciata. — 2. Carmichelia australis. — 3. Phyllanthus speciosus. Vgl. Text, S. 309.

dunklere, viel derbere Organe, die sich rasch vergrößern, während die sie stützenden häutigen Schuppen vertrocknen, zusammenschrumpfen und schließlich spurlos verschwinden. Da man nun die aus der Achsel von Blättern (gleichgültig, ob diese kleine, häutige Schuppen oder große, grüne Flächen sind) entspringenden Glieder nicht als Blätter, sondern als Sprosse betrachtet und bezeichnet, so werden auch diese flachen, blattähnlichen Gebilde des Mäusedornes als Sprosse aufgefaßt und Flachsprosse oder auch mit Rücksicht auf ihre Ähnlichkeit mit Blättern Blattäste (Phyllokladien) genannt. Bekräftigt wird diese Auffassung wesentlich dadurch, daß sich die blattähnlichen Gebilde in der weitern Entwickelung und Sproßfolge

ganz so wie gewöhnliche stielrunde Triebe oder Äste verhalten. Es entspringen nämlich von ihnen schuppenförmige Blättchen, und aus den Achseln dieser Schuppen gehen gestielte Blüten hervor (s. Abbildung, S. 307), die schließlich zu Früchten werden. Die Gewächse, welche solche Blattäste entwickeln, sind im ganzen nicht sehr häufig. Die oben als Beispiele gewählten Mäusedornarten gehören dem südlichen Europa an und erscheinen dort massenhaft im Grunde lichter, trockner Wälder, wo im Hochsommer alles in tiefem Schlafe ruht. Auf den Antillen und in den Grasfluren Ostindiens finden sich einige zwanzig strauchförmige Arten, die zur Familie der wolfsmilchartigen Gewächse, in die Gattung Phyllanthus, gehören, und auch Neuseeland beherbergt eins dieser sonderbaren Flachsproßgewächse in der zu den Schmetterlingsblütlern gehörigen Gattung Carmichelia. Bei den Arten dieser beiden Gattungen (s. Abbildung, S. 308) sind die Flachsprosse lanzettlichen Laubblättern ungemein ähnlich, und die eigentlichen Blätter sind in kleine, bleiche Schüppchen umgebildet. Diese Schüppchen stehen an der Kante der Flachsprosse, und ebenda entspringen auch aus den Achseln derselben die blüten- und fruchttragenden Stiele. Auf den Anden Südamerikas finden sich auch die merkwürdigen Kolletien, von welchen eine Art, nämlich Colletia cruciata, in der Abbildung, S. 308, Fig. 1, dargestellt ist. Die Blättchen sind an diesen bizarren Sträuchern winzig, aber doch nicht bleich und schuppenförmig, und die grünen Flachsprosse, welche die Rolle der Laubblätter spielen, bilden sehr feste, paarweise gegenüberstehende, zusammengedrückte, in Spitzen auslaufende Organe, von welchen immer ein Paar gegen das andre um einen rechten Winkel verdreht ist. Wieder etwas anders verhält es sich bei dem auf den Salomoninseln heimischen Knöterich Coccoloba platyclada und bei dem auf der Insel Sokotora vorkommenden Cocculus Balfourii. Es ist aber unmöglich, hier auf alle diese Verschiedenheiten detailliert einzugehen, und es genügt, die auffallendsten Formen der Flachsproßgewächse, durch die Abbildungen auf S. 307 und 308 erläutert, vorgeführt zu haben.

Wenn bei allen diesen sonderbaren Pflanzen die Zweige flächenförmig ausgebreitet sind, so kann man wohl nicht behaupten, daß die Oberfläche ihrer transpirierenden Gewebe eine Beschränkung des Umfanges erfährt, und insofern hat allerdings diese Ausbildung mit der Herabsetzung der Transpiration nichts zu thun. Ihre diesfällige Bedeutung ist auch in der That wo anders zu suchen. Sie liegt darin, daß die blattähnlichen Sprosse mit ihrer Fläche nicht wagerecht, sondern lotrecht gerichtet sind. Im Gegensatze zur Mehrzahl der Flachblätter, die ihre Breitseite voll und ganz dem einfallenden Lichte zuwenden, erscheinen demnach die Flachsprosse vertikal gestellt, so daß sie zur Mittagszeit nur einen sehr schmalen Schatten werfen und der Sonne den Weg zum Boden nicht verwehren. Begreiflicherweise wird aber ein solches vertikal aufgerichtetes, gleichsam auf die Kante gestelltes blattartiges Gebilde viel weniger verdunsten als ein Laubblatt, dessen Fläche den zur Mittagszeit einfallenden Sonnenstrahlen ausgesetzt ist. Die Arbeit in den grünen Zellen, welche sich unter dem Einflusse des Lichtes vollzieht, wird durch diese Richtung des blattartigen Gebildes nicht beeinträchtigt. Können die vertikal gestellten grünen Flächen zur wärmsten Zeit des Tages von den Sonnenstrahlen auch weniger gut durchleuchtet werden, so wird das reichlich dadurch aufgewogen, daß deren Breitseiten dem Lichte der Morgen- und Abendsonne ausgesetzt sind. Dagegen ist zur Zeit des Sonnenauf- und Nieberganges keine so starke Erwärmung und daher auch keine so starke Verdunstung zu befürchten wie dann, wenn die Sonne im Zenithe steht. Um es kurz zu sagen: es wird durch die Vertikalstellung der grünen Flächen nur die Verdunstung, nicht aber auch die Durchleuchtung beschränkt, und man hat daher diese Metamorphose wohl mit Recht als Schutzmittel gegen eine zu weit gehende Verdunstung aufzufassen. Man findet diese Vorrichtung auch nur an Pflanzen trockner Gebiete, wo die Verdunstung nicht gefördert zu werden

braucht, wo im Gegenteile manchmal die Gefahr vorhanden ist, daß das verdunstende Wasser aus dem trocknen Boden nicht in genügender Menge nachgeliefert werden könnte.

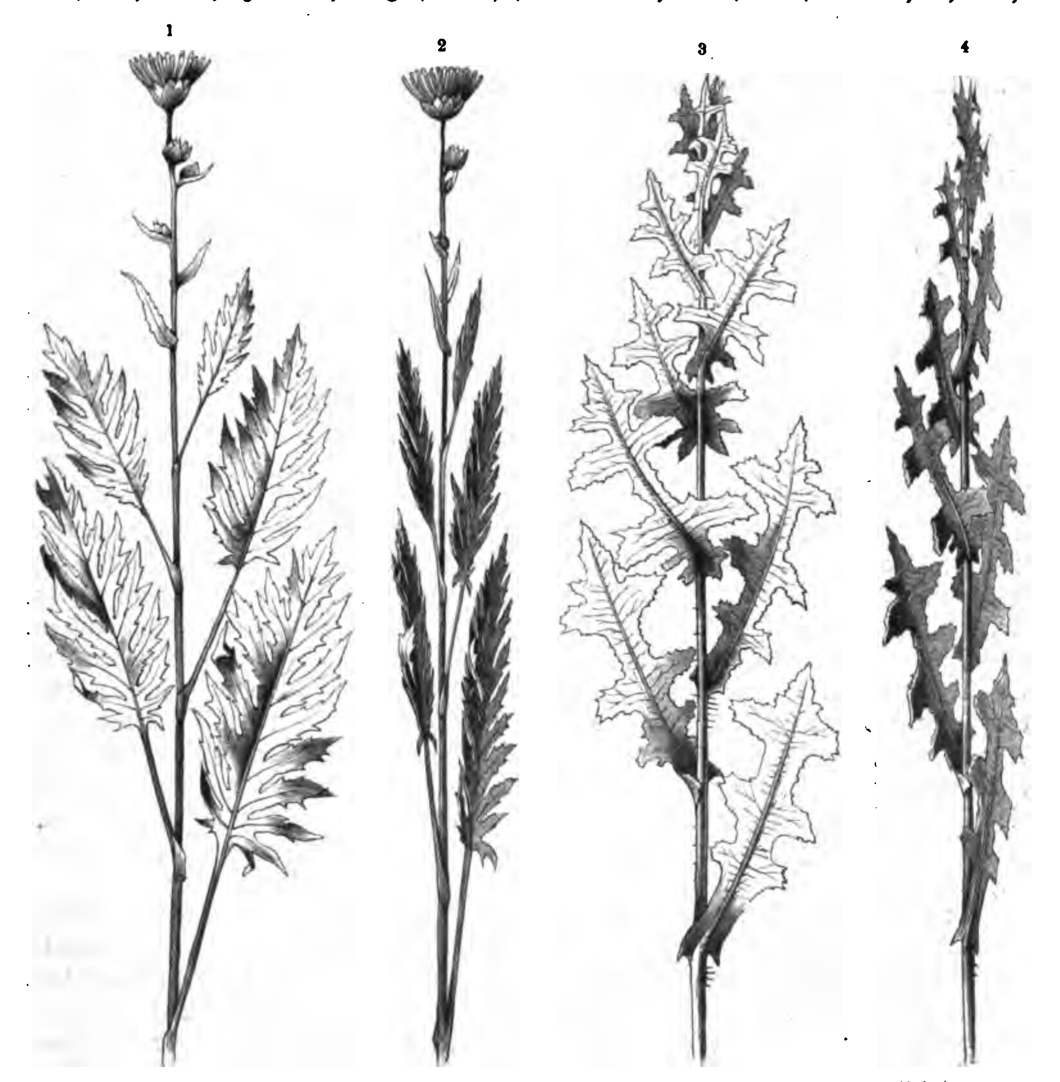
Übrigens sind die Flachsprosse nur das Vorbild für eine lange Reihe von Bildungen, die schließlich alle darauf hinauslaufen, daß nicht die Breitseite, sondern die Kante oder Schmalseite des verdunstenden flächenförmigen Organes gegen den Zenith gerichtet ist. An mehreren Platterbsen der südeuropäischen Flora (Lathyrus Nissolia, Ochrus), insbesondere aber an einer großen Zahl neuholländischer Sträucher und Bäume, zumal an Akazien (Acacia longifolia, falcata, myrtifolia, armata, cultrata, Melanoxylon, decipiens ꝛc.), sind es die Stiele der Blätter, welche blattartig verbreitert und mit ihrer Fläche vertikal gestellt sind, und es erscheint dann die Blattspreite entweder ganz verkümmert, oder nimmt sich nur wie ein Anhängsel an der Spitze des flachen, grünen, Phyllodium genannten Blattstieles aus. An vielen Myrtaceen und Proteaceen, namentlich an den Arten der Gattungen Eucalyptus, Leucadendron, Melaleuca, Protea, Banksia und Grevillia, sind die Blattscheiben selbst so gewendet, daß sie nicht wie jene unsrer Ahorne, Ulmen, Buchen und Eichen horizontal, sondern gleich den Flachsprossen und Phyllodien auf die Kante, also vertikal, gestellt sind. Man denke sich nun einen ganzen Wald aus solchen Eukalypten und Akazien, auf den die Mittagssonne ihre Strahlen herabsendet. Ist es auch nicht gerade wörtlich zu nehmen, daß jedes vertikal gestellte Blatt zur Mittagszeit nur einen linienförmigen Schatten wirft, so ist doch so viel gewiß, daß es mit dem Schatten im Grunde eines derartig zusammengesetzten Waldes schlecht bestellt sein wird. Die Sonnenstrahlen finden allenthalben ihren Weg zwischen den aufgerichteten Blattflächen, gleiten hinab in die Tiefe, und von einem Waldesdunkel kann in solchen Beständen keine Rede sein. Die Kasuarinaceen, welche mit den Eukalypten, Akazien und Proteaceen gesellig vorkommen, tragen gleichfalls nichts bei, solche Wälder schattig zu machen, und so ist es wohl ganz gerechtfertigt, wenn man von den schattenlosen Wäldern Neuhollands spricht.

In dieser Mannigfaltigkeit und Fülle von Gewächsen mit vertikal gerichteten Blattflächen steht Neuholland jedenfalls einzig da, immerhin aber bieten auch andre Florengebiete noch viele und zwar recht auffallende Beispiele dieser Einrichtung. Man braucht sich ja nur an die seltsame Gestalt der sogenannten reitenden Blätter zu erinnern, mit welchen mehrere zeitlosenartige Gewächse (Tofjeldia, Narthecium), die zahlreichen Schwertlilien (Iris) und die mit diesen verwandten, vorzüglich am Kap heimischen Gattungen Gladiolus, Ferraria, Witsenia, Montbretia ꝛc. geschmückt sind. Es zeigen diese Blätter die Eigentümlichkeit, daß sie der Länge nach zusammengefaltet, und daß die durch Faltung aufeinander treffenden Seiten miteinander verwachsen sind. Nur dort, wo sie dem Stengel aufsitzen, bleiben die beiden Hälften getrennt und bilden eine Rinne, in welcher die Basis eines darüberstehenden Blattes eingebettet ist. Man könnte sich das Entstehen solcher reitenden Blätter aus gewöhnlichen Flachblättern etwa in der Weise veranschaulichen, daß man einen auf der obern Seite mit einem Klebemittel bestrichenen Streifen Papier der Länge nach so zusammenlegt, daß die klebrigen Seiten sich berühren und miteinander verbinden. Solche reitende Blätter sind dann mit ihren Breitseiten auch weit weniger der scheitelrecht einfallenden Mittagssonne als den Strahlen der aufgehenden und untergehenden Sonne zugewendet.

In der mittelländischen Flora und auch auf vielen Steppen findet man nicht selten Pflanzen, deren Blätter den Eindruck machen, als hätten sie sich vom Stengel nicht recht ablösen können. Der vom Stengel abstehende Teil des Laubblattes ist bei solchen Pflanzen nur sehr klein, dagegen ziehen sich die Ränder des Blattes als Leisten und flügelförmige Säume weit am Stengel herab. Man nennt derlei Blätter, die man besonders häufig bei Korbblütlern, namentlich bei den Gattungen Centaurea, Inula, Helichrysum, aber auch

bei vielen Schmetterlingsblütlern und Rachenblütlern antrifft, stengelherablaufend. Die Lage dieser senkrecht am Stengel herablaufenden Flügel zur Sonne ist ganz dieselbe wie jene der Phyllodien, Phyllokladien und reitenden Blätter, und auch ihre Bedeutung für die Transpiration ist in ähnlicher Weise zu erklären.

Bei manchen Pflanzen besitzen die Flächen der Laubblätter die vertikale Lage noch nicht im jugendlichen Zustande, sondern nehmen sie erst allmählich wäh-



Kompaßpflanzen: 1. Silphium laciniatum, von Osten gesehen. — 2. Dieselbe Pflanze, von Süden gesehen. — 3. Lactuca Scariola, von Osten gesehen. — 4. Dieselbe Pflanze, von Süden gesehen. — Beide Arten bedeutend verkleinert. Vgl. Text, S. 312.

rend ihrer Ausbildung an, d. h. die Flächen sind in der Anlage mit ihren Breitseiten nach oben und unten gekehrt, drehen sich aber dort, wo sie am Stengel aufsitzen, in der Weise, daß später ihre Ränder nach oben und unten sehen. Wie schon erwähnt, beobachtet man diese Eigentümlichkeit an vielen Eukalypten und verschiedenen andern Bäumen und Sträuchern der neuholländischen Flora. Aber auch in andern Gegenden zeigen Pflanzen sonniger Standorte diese Eigentümlichkeit. So beherbergt z. B. die

spanische Flora eine Doldenpflanze (Bupleurum verticale), an welcher sich die Blätter durch Drehung so gegen die Sonne richten, daß sie lebhaft an die Phyllodien neuholländischer Akazien erinnern. Auch mehrere Korbblütler, namentlich der auf trocknem Boden im mittlern Europa sehr verbreitete wilde Lattich (Lactuca Scariola), zeigen diese Erscheinung in auffallender Weise. Eine gewisse Berühmtheit hat infolge der merkwürdigen Schwenkung ihrer Blattspreiten eine in den Prärien Nordamerikas von Michigan und Wisconsin südlich bis Alabama und Texas vorkommende, zu den Korbblütlern gehörende Staudenpflanze, Silphium laciniatum, erlangt. An dieser Pflanze, welche in Fig. 1, 2, S. 311, abgebildet ist, war es den Jägern in den Prärien längst aufgefallen, daß die Flächen der Blätter, namentlich jener, welche vom untersten Teile des Stengels ausgehen, nicht nur eine vertikale Lage annehmen, sondern immer auch so gerichtet sind, daß jedes Blatt die eine Breitseite nach Sonnenaufgang, die andre gegen Sonnenuntergang wendet. Die ganze lebende Pflanze, wie sie auf der sonnigen Flur steht, macht den Eindruck, als hätte man sie zwischen zwei riesige Bogen Papier gelegt gehabt, etwas gepreßt und eine Zeitlang getrocknet, wie man Pflanzen für das Herbarium präpariert, dann aber aus der Presse herausgenommen und so aufgestellt, daß die Spitzen und das Profil der vertikalen Blattflächen, entsprechend der Richtung der Magnetnadel, nach Nord und Süd, die Breitseiten dagegen nach Ost und West gerichtet sind. Diese Richtung wird von der lebenden Pflanze auf den Prärien so gut und so regelmäßig eingehalten, daß die Jäger bei trübem Himmel sich nach dieser Pflanze über die Weltgegend zu orientieren im stande sind, aus welchem Grunde das Silphium laciniatum auch Kompaßpflanze genannt wurde. Für das Leben der Kompaßpflanze selbst hat die Meridianstellung ihrer vertikal aufgerichteten Blätter den Vorteil, daß die Flächen von den am kühlen und relativ feuchten Morgen und ebenso am Abende nahezu senkrecht auf sie einfallenden Sonnenstrahlen wohl durchleuchtet, aber nicht stark erwärmt und nicht übermäßig zur Transpiration angeregt werden, daß dagegen zur Mittagszeit, wenn die Blätter nur im Profile von den Sonnenstrahlen getroffen werden, auch die Erwärmung und Transpiration verhältnismäßig gering sind. Es ist interessant, daß die Blätter dieser Kompaßpflanze ebenso wie auch jene des oben erwähnten und auf S. 311 neben der Kompaßpflanze abgebildeten Lattichs die beschriebene Richtung und Lage nur dann einnehmen, wenn sie auf ebenem, ziemlich trocknem, unbeschattetem Lande emporgewachsen sind, und daß an feuchten, schattigen Orten, wo die Gefahr einer durch die kräftigen Sonnenstrahlen des Mittags eingeleitete zu weit gehende Verdunstung nicht gegeben ist, auch die Drehung und Meridianstellung der Blätter nicht eintritt.

Das ist überhaupt eine Erscheinung, die man an sehr zahlreichen Pflanzen, sowohl Staudenpflanzen als Sträuchern und Bäumen, machen kann, daß ihre Blattflächen im Schatten parallel zum Boden ausgebreitet sind, während sie an sonnigen, trocknen Plätzen sich aufrichten und vertikal stellen, wenn sie dabei auch nicht gerade die Meridianstellung annehmen. Besonders auffallend ist in dieser Beziehung eine Lindenart, welche im südöstlichen Europa heimisch ist, nämlich die Silberlinde (Tilia argentea). An trocknen, heißen Sommertagen nehmen die Flächen ihres Laubes eine nahezu vertikale Lage ein, aber nur an jenen Ästen und Zweigen, welche der Sonne ausgesetzt sind. Steht der Baum am Fuße einer Felswand oder am Rande eines geschlossenen Waldes, und ist ein Teil desselben beschattet, so bleiben die Blätter an diesem beschatteten Teile horizontal ausgebreitet. Ein solcher Baum bietet dann einen um so fremdartigern Anblick dar, als die Blätter zweifarbig, oberseits dunkelgrün, unterseits von feinem Sternhaarfilze weiß, sind, und man kann es beim ersten Anblicke kaum glauben, daß die beschatteten und besonnten Teile des Baumes zusammengehören.

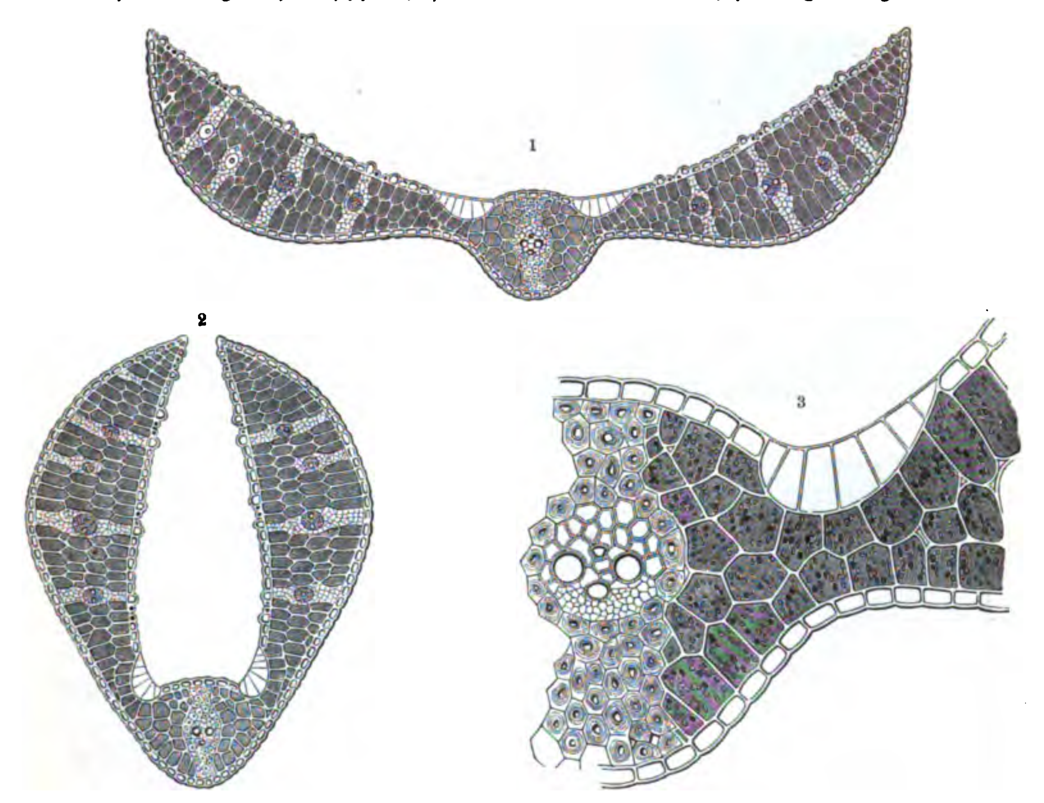
Sowohl bei den Kompaßpflanzen als auch bei der Silberlinde werden die Richtungsänderungen der Blätter durch Änderungen im Turgor bestimmter Zellgruppen des Blattstieles veranlaßt. Es ist das dieselbe Ursache, welche auch die periodischen Bewegungen der Blättchen zahlloser Pflanzen mit gefiedertem und gefingertem Laube sowie die Faltung der Blätter vieler Gräser veranlaßt, und es liegt die Mutmaßung nahe, daß auch diese Bewegungserscheinungen mit der Transpiration im Zusammenhange stehen. Zum Teile ist das auch der Fall. Wenn sich infolge von Veränderungen im Turgor der Gelenkspolster die Fiederblättchen der Gleditschien und einiger Mimosen nach Untergang der Sonne aufrichten und jene der Amorphen herabschlagen und die Nacht über eine vertikale Lage annehmen, so hängt das allerdings (wie später noch erörtert werden wird) mit der nächtlichen Ausstrahlung der Wärme und nicht mit der Verdunstung zusammen. Aber ebenso gewiß hat das Zusammenlegen und Zusammenfalten der Blätter und Blättchen bei vielen andern Pflanzen zugleich die Bedeutung eines Schutzmittels gegen zu weit gehende Transpiration und dadurch veranlaßte Vertrocknung. Mehrere strauchige, dornenreiche Mimosen Brasiliens und Mexikos breiten in ihrer Heimat und an ihrem natürlichen Standorte, im Gegensatze zu der bekannten Sinnpflanze (Mimosa pudica), die Blättchen immer erst gegen Abend horizontal aus und erhalten sie in dieser Lage die ganze Nacht hindurch. Auch am nächsten Morgen sind sie noch weit ausgebreitet. Sobald aber die Sonne emporgestiegen ist und ihre Strahlen auf das Laub einfallen, klappen die Blättchen zusammen; die drohenden Dornen, welche bisher von den ausgespannten Blättern verdeckt waren, werden sichtbar, und sämtliche Blättchen verbleiben jetzt während der heißesten und trockensten Stunden des Tages in der Vertikalstellung. Erst gegen Sonnenuntergang beginnen sie sich wieder zu heben und flach auszubreiten. Von diesem Wechselspiel findet nur dann eine Ausnahme statt, wenn das geöffnete Laub von einem Windstoße erschüttert wird, und wenn der Himmel den ganzen Tag grau umwölkt bleibt. Im erstern Falle, das ist unter dem Einflusse des anprallenden Windes, findet ein rasches Schließen statt, im letztern Falle, wenn nämlich trübes Wetter eintritt, bleiben sie auch tagüber geöffnet. Ähnlich wie diese Mimosen verhält sich auch die Rutacee Porliera hygrometrica. In Peru, wo diese Pflanze heimisch und sehr häufig ist, wird das Offensein und Geschlossensein der Blätter sogar zur Wetterprophezeiung benutzt, insofern nämlich, als man bei geschlossenen, vertikal gestellten Blättern auf trocknes, heißes, bei offenen Blättern auf feuchtes, kühles Wetter rechnet. Bei den kultivierten Bohnen (Phaseolus) wird übrigens auch eine im Laufe des Tages sich an den Teilblättchen vollziehende Richtungsänderung wahrgenommen. Bei kräftiger Besonnung nehmen die Blättchen die vertikale Lage ein, damit die Mittagssonne nur einen sehr geringen Teil der Fläche treffen kann.

An mehreren Sauerklee-Arten der südafrikanischen Flora, ja auch an dem weitverbreiteten gewöhnlichen Sauerklee (Oxalis Acetosella), kann man die Beobachtung machen, daß die Blättchen, sobald sie von den Sonnenstrahlen direkt getroffen werden, sich herabschlagen, mit der untern Seite, welche die Spaltöffnungen enthält, aneinander legen und so alle drei zusammen eine steile Pyramide bilden, während dieselben Blättchen an schattig-feuchten Orten flach ausgebreitet sind. Die Blättchen des sumpfbewohnenden, durch das mittlere und südliche Europa, das gemäßigte Asien und das nördliche Amerika verbreiteten Wasserfarnes Marsilea quadrifolia, welche jenen des Sauerklees sehr ähnlich sehen, aber die Spaltöffnungen an der obern Seite tragen, bleiben, solange sie auf dem Wasser schwimmen, flach ausgebreitet; sobald aber der Wasserstand sinkt und die Blättchen rings von Luft umgeben werden, klappen sie im Sonnenscheine nach oben zusammen und haben dann ganz ähnlich wie jene der Kompaßpflanzen eine vertikale Stellung.

Als eine weitere hierher gehörige Erscheinung ist auch das periodische Falten oder Schließen der Grasblätter hervorzuheben. Es ist längst aufgefallen, daß gewisse Gräser ein sehr verschiedenes Aussehen gewähren, je nachdem man sie an einem tauigen Morgen oder im Mittagssonnenscheine zu Gesicht bekommt. Am Morgen sind ihre langen, linealen Blätter an der obern Seite rinnenförmig oder ganz flach ausgebreitet; sobald mit dem höhern Stande der Sonne die Feuchtigkeit der Luft abnimmt, falten sie sich der Länge nach zusammen, und erst nach Untergang der Sonne breiten sie sich wieder aus und werden flach oder rinnenförmig. Dieses Spiel kann sich an Sommertagen, wenn sich in der Mittagszeit ein Gewitter einstellt, dem dann ein sonniger Nachmittag folgt, auch zweimal innerhalb 24 Stunden wiederholen. Wie sehr dasselbe von den Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft abhängig ist, ergibt sich schon daraus, daß Stöcke solcher Gräser, die in Töpfen kultiviert werden, leicht zum Öffnen und Schließen ihrer Blätter gebracht werden können, wenn man sie abwechselnd mit Wasser bespritzt und in feuchte Luft stellt und dann wieder auf kurze Zeit trockner Luft aussetzt. Ungemein rasch und auf sehr interessante Weise erfolgt das Falten an den Blättern der verschiedenen Arten des Berggrases (Sesleria). Die Arten dieser Gattung sind vorzüglich in den Alpen, den Karpathen und im Balkan zu Hause, erscheinen dort immer gesellig und überziehen in der Berg- und Hochgebirgsregion oft weite Strecken mit geschlossener Grasnarbe. Eine Art (Sesleria coerulea) ist auch im nördlichen Europa, durch Finnland, Schweden und England, verbreitet. Das Schließen der Blätter dieser Berggräser erinnert lebhaft an dasjenige der Fliegenfalle (Dionaea muscipula), welches bei früherer Gelegenheit ausführlicher behandelt wurde. Es ist nämlich ein förmliches Zusammenklappen der beiden Blatthälften. Ähnlich so wie bei dem Blatte der Fliegenfalle bleibt auch bei dem Berggrasblatte die Mittelrippe in ihrer Lage unverändert, wie dort legen sich auch hier die beiden Hälften nicht platt aufeinander, sondern richten sich nur steil auf und lassen zwischen sich einen schmalen, tiefrinnigen, unten etwas ausgeweiteten Hohlraum frei (s. Abbildung, S. 315, Fig. 2). Während das offene Blatt seine obere, an Spaltöffnungen reiche Seite dem Himmel zuwendet, erscheinen die Flächen der aufgerichteten beiden Hälften an dem zusammengefalteten, geschlossenen Blatte den einfallenden Sonnenstrahlen parallel, und das gefaltete Berggrasblatt ist dann dem reitenden Blatte einer Schwertlilie zu vergleichen. In dem durch das Zusammenfalten entstandenen Hohlraume aber sind die Spaltöffnungen und das daran grenzende grüne Gewebe sowohl gegen die Sonnenstrahlen als auch gegen den direkten Anprall des Windes trefflich geschützt. Die Haut der Rückseite, welche an dem zusammengefalteten Blatte den Anregungsmitteln der Verdunstung ausgesetzt ist, entbehrt der Spaltöffnungen und ist auch mit einer derben Kutikula versehen.

Ganz ähnlich wie an den Berggräsern beobachtet man das Zusammenfalten längs der Mittelrippe an den Blättern des auf sonnigen Gebirgswiesen in den Sudeten und Karpathen vorkommenden platthalmigen Hafers (Avena planiculmis), des zusammengedrückten Hafers (Avena compressa) und noch mehrerer andrer mit diesen verwandter Haferarten. Etwas abweichend dagegen vollzieht sich die Faltung oder das Schließen an den Blättern der umfangreichen Abteilung der Schwingelgräser (Festuca). Während nämlich bei den Berggräsern die ganze obere Seite des offenen Blattes nur eine einzige flache Rinne bildet und die Faltung nur längs der Mittelrippe stattfindet, beobachtet man an der obern Seite der Schwingelgrasblätter mehrere parallele Rinnen; das grüne Gewebe ist durch diese Rinnen in mehrere vorspringende Riefen geteilt, die einen überaus merkwürdigen Bau zeigen. An jeder Riefe kann man die Basis, welche einen Teil der Rückseite des ganzen Blattes bildet, dann die gegenüberliegende Scheitelkante, welche der Oberseite des ganzen Blattes angehört, und endlich die beiden Seitenflächen, welche die Böschungen oder

Einfassungen der zwischen den Riefen verlaufenden Rinnen darstellen, unterscheiden (s. Abbildungen, S. 317 und 318). Die Hauptmasse jeder Riefe wird aus grünem Gewebe gebildet. Die zu demselben gehörenden Spaltöffnungen münden aber nur an den Böschungen gegen die Rinne zu. Weder die Scheitelkanten der Riefen noch die Rückseite des Blattes zeigen jemals eine Spaltöffnung. Die Scheitelkante ist chlorophyllos und zeigt unter den Hautzellen fast immer einen Beleg von langgestreckten Zellen mit festen, elastischen Wandungen; dasselbe gilt von der Rückseite des Blattes, d. h. der Basis der Riefen, welche aus einer oder mehreren Lagen chlorophylloser, mit derben Wänden versehener Zellen gebildet wird.

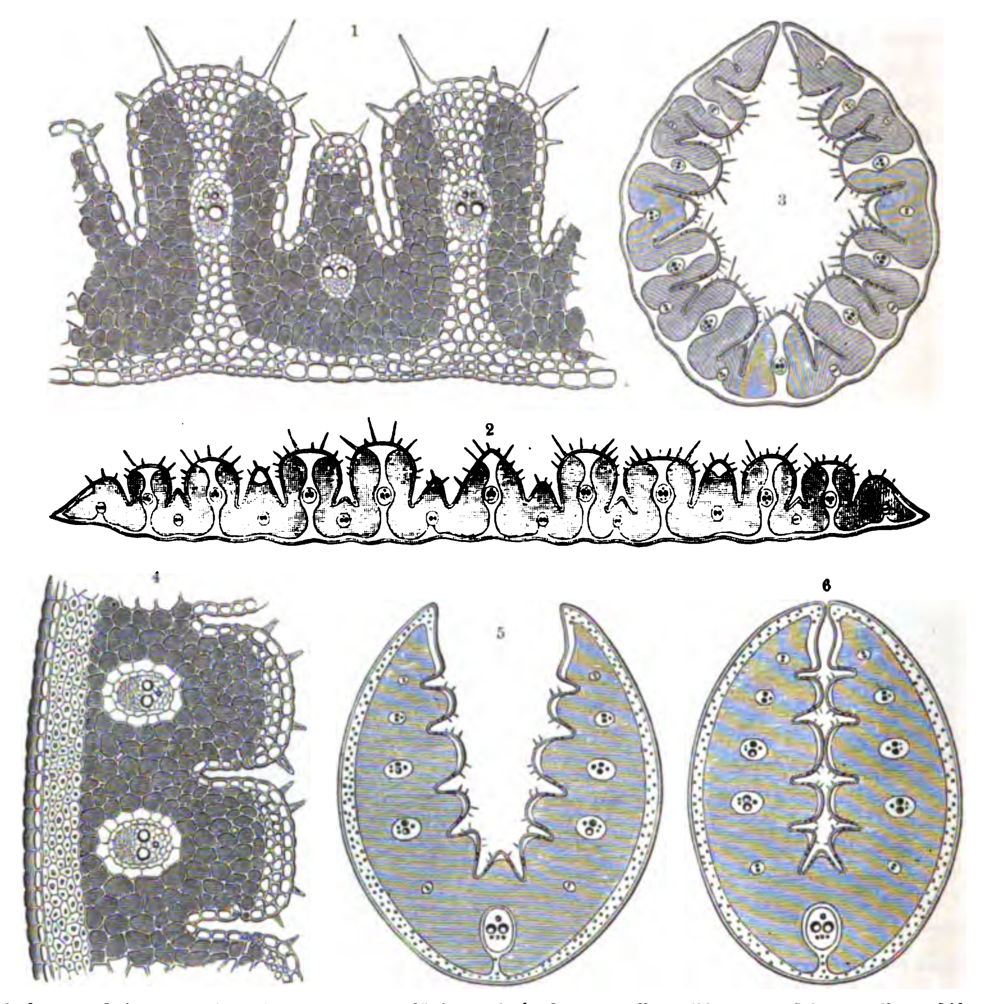


Zusammenfalten der Grasblätter: 1. Querschnitt durch ein geöffnetes Blatt des dünnblätterigen Berggrases (Sesleria tenuifolia). — 2. Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt derselben Pflanze; 40mal vergrößert. — 3. Stück aus der Mitte eines geöffneten Blattes derselben Pflanze; 300mal vergrößert. Vgl. Text, S. 314 u. 319.

Das Schließen des Blattes ist hier nicht so einfach wie bei den Berggräsern. Dort wird beim Zusammenfalten des Blattes nur eine einzige tiefe, unten ausgeweitete Rinne gebildet; bei den Schwingelgräsern verengern sich dagegen infolge des Schließens, beziehentlich des Aufbiegens der rechten und linken Blatthälfte die sämtlichen kleinen Rinnen, welche zwischen den Riefen eingeschaltet sind, und zwar diejenigen, welche längs der mittelsten Riefe verlaufen, am meisten, jene, welche in der Nähe der zusammenschließenden Blattränder liegen, am wenigsten (s. Abbildung, S. 318, Fig. 2). Da die Spaltöffnungen an den Böschungen der Riefen liegen, wird begreiflicherweise durch das Schließen und die damit Hand in Hand gehende Näherung der gegenüberliegenden Böschungen jeder Rinne die Transpiration aufs äußerste beschränkt.

Im einzelnen findet man bei den verschiedenen Schwingelgräsern noch die mannigfaltigsten Abweichungen sowohl in der Zahl und Form der Riefen als auch in betreff der

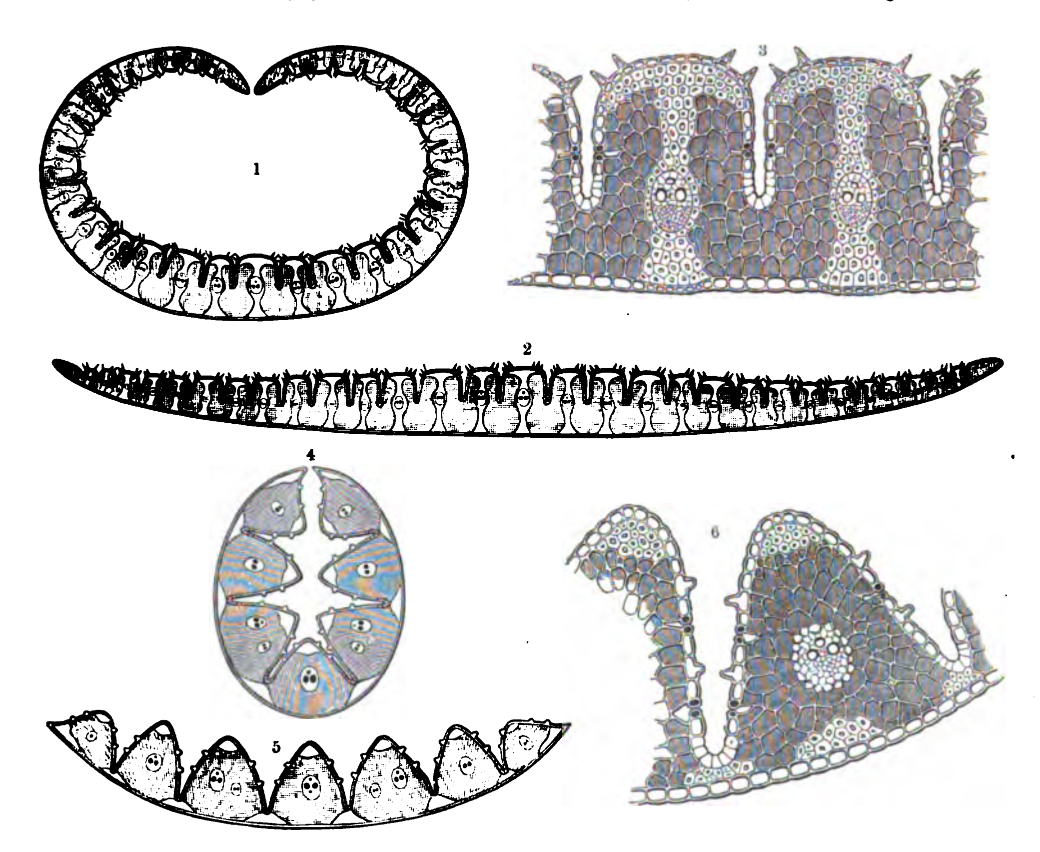
Ausbildung der Rückseite des Blattes und vorzüglich in Beziehung auf die Gestalt, welche das Blatt im geöffneten Zustande annimmt. Es gibt eine Menge Schwingelgräser, die bei den Hirten in den Gebirgsgegenden in Spanien, in den Alpen, im Taurus und Elbrus



Zusammenfalten der Grasblätter: 1. Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes von **Stipa capillata**; 240mal vergrößert. — 2. Querschnitt durch ein offenes ganzes Blatt derselben Pflanze. — 3. Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt derselben Pflanze; 30mal vergrößert. — 4. Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes von **Festuca alpestris**; 210mal vergrößert. — 5. Querschnitt durch ein ganzes offenes Blatt derselben Pflanze. — 6. Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt derselben Pflanze; 30mal vergrößert. Vgl. Text, S. 318 u. 319.

für giftig gelten, und auf welche bei andrer Gelegenheit die Rede kommen soll. Diese bilden auch dann, wenn sie bei feuchtem Wetter geöffnet sind, doch nur eine ziemlich schmale Hauptrinne mit mehreren engen Teilrinnen, wie an dem Querschnitte eines offenen Blattes der in den südlichen Alpen häufigen **Festuca alpestris** (s. obenstehende Abbildung, Fig. 5) zu sehen ist. Der flache Scheitel jeder Riefe trägt bei dieser **Festuca alpestris** einen Beleg von drei Schichten chlorophylloser Zellen, und die Rückseite des Blattes ist mit einem förmlichen Panzer aus dickwandigen Bastzellen und überdies noch mit einer Haut aus Zellen, deren Außenwände ungewöhnlich stark verdickt sind, versehen. Die Blätter der im Taurus heimischen **Festuca punctoria**, von welcher in der Abbildung, S. 318,

ein Querschnitt gegeben ist, bilden dagegen im geöffneten Zustande eine ziemlich flache Rinne; die Rückseite ist mit einem aus fünf Lagen chlorophylloser, fester Zellen gebildeten schützenden Mantel bekleidet; die Riefen sind abgerundet, zeigen nur eine einfache Lage von Hautzellen, und diese sind mit einem auffallend starken wachsartigen Überzuge versehen. Am flachsten sind die geöffneten Blätter der in den siebenbürgischen Karpathen heimischen Festuca Porcii (s. untenstehende Abbildung,). Unter der Haut an der Rückseite findet sich kein geschlossener Mantel aus Bastzellen wie bei den früher besprochenen Arten, sondern nur einzelne Bastbündel; dagegen ist die Scheitelkante jeder Riefe mit einem Belege aus Bast-

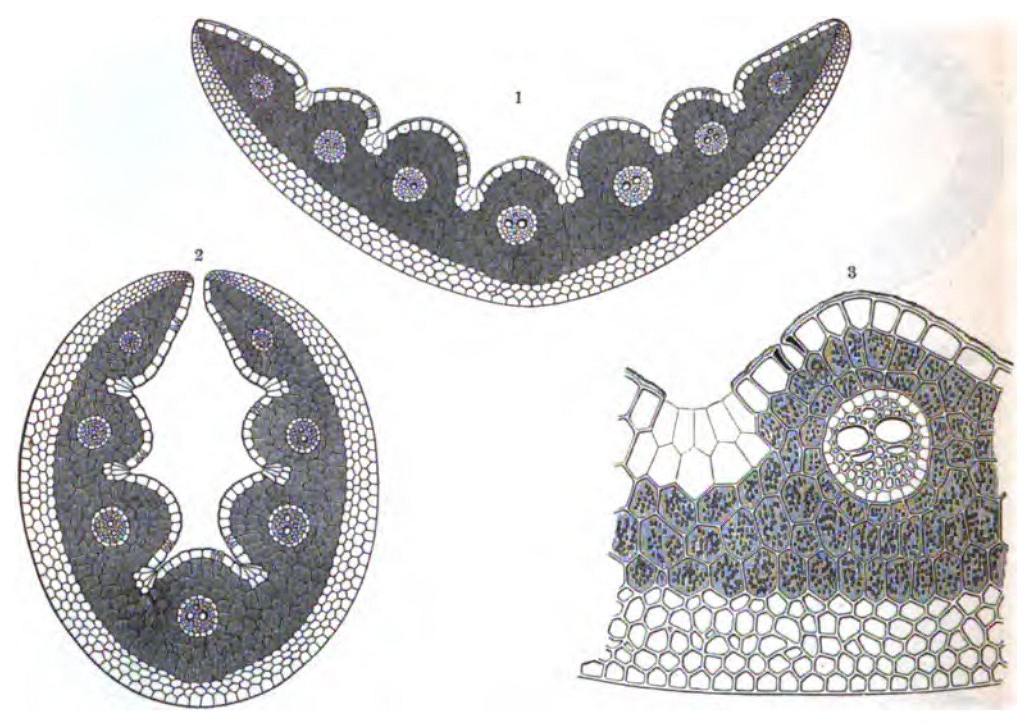


Zusammenfalten der Grasblätter: 1. Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt der Lasiagrostis Calamagrostis. — 2. Querschnitt durch ein offenes Blatt derselben Pflanze; 24mal vergrößert. — 3. Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes derselben Pflanze; 210mal vergrößert. — 4. Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt der Festuca Porcii. — 5. Querschnitt durch ein offenes Blatt derselben Pflanze; 24mal vergrößert. — 6. Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes derselben Pflanze; 210mal vergrößert. Vgl. Text, S. 315 u. 318.

zellen versehen; die Riefen selbst springen sehr stark vor, und das ganze Blatt ist mit sechs tiefen und engen Rinnen durchzogen.

Bei diesen drei als Beispiele vorgeführten Schwingelgräsern wie auch bei allen Arten der Gattung Festuca, die einen Hauptbestandteil der Grasnarbe auf unsern Wiesen bilden, zieht durch jede Riefe ein Gefäßbündel, welches ringsum von grünem Gewebe umschlossen ist. Bei den sich schließenden Blättern vieler andrer Gräser ist dagegen das grüne Gewebe jeder Riefe in zwei Hälften geteilt. Indem sich oben und unten an das Gefäßbündel Stränge von dickwandigen, chlorophyllosen Zellen anschließen, entsteht nämlich eine in das grüne Parenchym eingeschobene feste Scheidewand, wie das an dem Querschnitte eines

Blattes vom Rauhgrase (Lasiagrostis Calamagrostis) in Abbildung, S. 317, schön zu sehen ist. An den Blättern des Pfriemengrases (Stipa capillata), von welchem die Abbildung auf S. 316 einen Querschnitt zeigt, wechseln höhere und niedere Riefen ab; in den höhern ist eine Scheidewand ganz ähnlich wie bei den Rauhgräsern eingeschoben, in den niedern dagegen ist nur ein ringsum von grünem Gewebe eingefaßtes Gefäßbündel wie bei den Schwingelgräsern eingelagert. An dem genannten Rauhgrase, einer Art, welche in den Thälern der westlichen und südlichen Alpen weit verbreitet ist und dort die sonnigen Gehänge in dichtem Schlusse überzieht, zählt man nicht weniger als 29 Riefen. Schließt sich das Blatt, so



Zusammenfalten der Grasblätter: 1. Querschnitt durch ein offenes Blatt der Festuca punctoria, aus dem Taurus. — 2. Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt derselben Pflanze; 40mal vergrößert. — 3. Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes derselben Pflanze; 280mal vergrößert. Vgl. Text, S. 315–319.

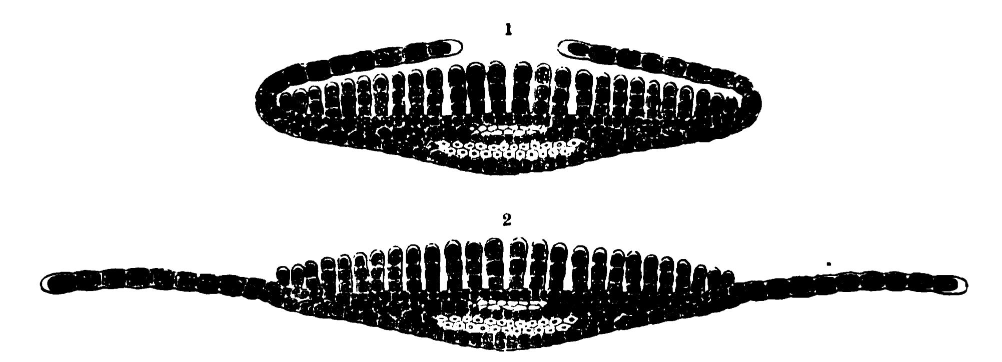
verengern sich die dazwischen liegenden 28 Rinnen, an deren Seiten die Spaltöffnungen liegen, das ganze Blatt wird zu einer Röhre, und die Transpiration ist dadurch nahezu ganz aufgehoben. Bei der auf Lehmsteppen häufig vorkommenden Stipa capillata (s. Abbildung, S. 316) verhält es sich ähnlich. Bei beiden Gräsern wird der Verschluß der Rinnen, an deren Seiten sich die Spaltöffnungen finden, noch dadurch vervollkommt, daß von dem Scheitel jeder Riefe kurze, steife Härchen ausgehen, welche bei der Näherung der Riefen ineinander greifen und den Zugang zur Rinne verrammeln (s. Abbildung, S. 316, Fig. 3). Die zahlreichen weitern Modifikationen, welche im Baue der sich schließenden Grasblätter vorkommen, zu beschreiben, würde viel zu weit führen. Die gegebenen Beispiele genügen, um anschaulich zu machen, wie durch das Zusammenfalten der Blätter der Gefahr einer zu weit gehenden Verdunstung begegnet wird, und wie der im Reiche der Gräser so häufige Vorgang darauf hinausläuft, diejenigen Teile des Blattes, welche aus grünem Gewebe bestehen, und über welchen die Haut mit Spaltöffnungen versehen ist, entsprechend dem Feuchtigkeitsgrade des Bodens und der umgebenden Luft, bald den Sonnenstrahlen

auszusetzen, bald wieder zu entziehen und so die Transpiration nach den jeweiligen Verhältnissen zweckdienlich zu regeln.

Was den Mechanismus anlangt, welcher bei dem Öffnen und Schließen der Grasblätter ins Spiel kommt, so ist zweierlei möglich. Entweder beruht der Vorgang, ähnlich wie bei dem Öffnen und Schließen der „Rose von Jericho", auf Hygroskopizität oder aber, wie bei den Mimosen, auf Änderung im Turgor bestimmter Zellgruppen. Wäre das erstere allein der Fall, so müßte auch ein dürres, abgestorbenes Grasblatt, je nachdem man dasselbe feucht oder trocken hält, noch zum Öffnen und Schließen gebracht werden können. Ein zusammengefaltetes Blatt des Berggrases oder Schwingelgrases, das man abgeschnitten und getrocknet hat, öffnet sich aber nicht mehr, auch wenn dasselbe längere Zeit hindurch befeuchtet wird, und es dürfte daher die erstere Erklärungsweise, wenigstens für die Mehrzahl der Fälle, auch nicht zutreffen. Allem Anscheine nach sind es daher Änderungen in der Turgeszenz derjenigen Zellgruppen, welche zwischen den tiefsten Punkten der Rinne und der Rückseite des Blattes liegen. Da man sehr oft den Boden der Rinne aus eigentümlichen zartwandigen, chlorophyllosen, mit wässerigem, farblosem Safte gefüllten Zellen gebildet fand, schloß man daraus, daß durch den Wechsel im Turgor dieser Zellen das Schließen und Öffnen der Grasblätter veranlaßt werde. Das ist aber jedenfalls zu weit gegangen. Diese Zellen wären in den meisten Fällen, so z. B. bei Festuca punctoria (s. Abbildung, S. 318), viel zu schwach, als daß sie durch Verlieren ihres Turgors ein Schließen, durch Zunahme des Turgors ein Öffnen des Blattes veranlassen könnten. Bei vielen Gräsern, z. B. bei Festuca alpestris und bei Stipa capillata (s. Abbildung, S. 316), fehlen zudem diese Zellen vollständig. Überdies wurde beobachtet, daß das Schließen und Öffnen des Blattes auch dann noch ganz gut von statten geht, wenn die den Grund der Rinnen auskleidenden dünnwandigen Zellen mittels feiner Nadeln künstlich zerstört wurden. Es muß daher die Ursache der Bewegung in der Änderung der Turgeszenz andrer Zellen unterhalb der Rinne gesucht werden. Wo ein aus mehreren Lagen dickwandiger Zellen gebildeter Mantel an der Rückseite des Blattes ausgebildet ist, wie z. B. an Festuca alpestris und punctoria (s. Abbildungen, S. 316 und 318), dürfte mit der Änderung des Turgors in den parenchymatischen Zellen auch eine Quellung der Zellhäute des Mantels an der Rückseite des Blattes Hand in Hand gehen. Freilich müßten dann die innern Zellenlagen des Mantels stärker quellbar sein als die äußern, was auch für einige Arten thatsächlich nachgewiesen wurde. Wenn übrigens den zartwandigen Zellen im Grunde der einzelnen Furchen die Kraft abgesprochen wird, für sich allein durch Änderung ihres Turgors das Öffnen und Schließen zu bewirken, so ist damit durchaus nicht behauptet, daß sie gar keine Rolle zu spielen haben. Wo sie so ausgebildet erscheinen, wie es an den Blättern der Berggräser und des Schwingelgrases vom Taurus (Festuca punctoria) in Abbildungen, S. 315 und 318, zu sehen ist, sind sie gewiß nicht bedeutungslos. Der Vorteil liegt darin, daß diese dünnwandigen Zellen beim Schließen des Blattes, ohne einen Nachteil zu erleiden, stark zusammengedrückt werden können, wodurch die angrenzenden grünen Parenchymzellen vor Zerrung geschützt werden, weiterhin darin, daß durch Vermittelung dieser mit wässerigen Säften gefüllten Zellen dem darunterliegenden grünen Gewebe Kohlensäure aus der Atmosphäre zugeführt wird, und endlich auch darin, daß durch sie im Notfalle atmosphärisches Wasser aufgenommen werden kann. Sie erinnern lebhaft an die dünnwandigen Zellgruppen der Laubblätter, welche auf S. 215 besprochen wurden, und können auch wie diese wirksam sein. Wenn dort, wo die fraglichen Gräser heimisch sind, nach längerer Dürre einmal ein flüchtiger Regen oder in hellen Nächten Tau fällt, so wird von diesen Niederschlägen wenig oder nichts zu den Wurzeln kommen; denn das Wasser wird von den Blättern der den Boden überkleidenden Gewächse zurückbehalten. Es gelangt dasselbe aber leicht in die

Rinnen der gefalteten Grasblätter, und da die großen dünnwandigen Zellen im Grunde der Rinnen netzbar sind, kann durch diese das Wasser auf kürzestem Wege zu den grünen Zellen im Innern des Blattes gelangen.

Ein dem Öffnen und Schließen des Grasblattes ganz ähnlicher Vorgang wird übrigens auch bei Laubmoosen und zwar bei allen Arten der Gattung Widerthon (Polytrichum) und bei einigen Arten der Gattung Bartmoos (Barbula) beobachtet. Der eigentümliche Bau der Blätter dieser Moose wurde schon auf S. 255 geschildert. Im Anschlusse an die dort gegebene Darstellung sei erwähnt, daß die aus grünen, dünnwandigen Zellen aufgebauten Leisten, welche die obere Seite eines jeden Blattes schmücken und welche an dem Durchschnitte in untenstehender Abbildung zu sehen sind, nur so lange dem Anpralle bewegter Luft ausgesetzt bleiben, als diese Luft den entsprechenden Feuchtigkeitsgrad besitzt. Nur so lange bleibt nämlich die Blattspreite, von deren oberer Seite die grünen Leisten ausgehen, flach ausgebreitet (s. untenstehende Abbildung, Fig. 2). Sowie



Zusammenfalten der Moosblätter: Querschnitte durch das Blatt eines Widerthonmooses (Polytrichum commune). — 1. Das Blatt trocken und zusammengefaltet — 2. das Blatt befeuchtet und offen; 85mal vergrößert.

die Luft trockner wird, biegen sich sofort die seitlichen Ränder der Blattspreite auf und umwallen wie ein Mantel die grünen Leisten (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1). Diese sind dann in einer Hohlkehle eingebettet, und nur nach oben, wo die aufgebogenen Ränder einen schmalen Spalt offen lassen, bleibt noch die Kommunikation mit der umspülenden Luft erhalten. Aber auch da ist noch die Einrichtung zu bemerken, daß an den obersten Zellen jeder Leiste der gegen den Spalt hin gewendete Teil stark verdickt ist, was zweifellos dazu beiträgt, die Transpiration herabzusetzen. Das Öffnen und Schließen der Widerthonmoose erfolgt ungemein rasch; dasselbe kann sich bei wiederholtem Wechsel der Luftfeuchtigkeit mehrere Male an einem Tage abspielen. An Widerthonmoosen, welche man abpflückt, während ihre Blätter geöffnet sind, kann man das Schließen in trockner Luft innerhalb weniger Minuten sich vollziehen sehen. Abgestorbene und vertrocknete Blätter sind immer geschlossen. Wenn man diese auch längere Zeit feucht hält, so öffnen sie sich nicht wieder, woraus man entnehmen kann, daß der Mechanismus des Öffnens und Schließens nicht eine einfache Hygroskopizitätserscheinung ist. Wahrscheinlich treten hier dieselben Kräfte ins Spiel, welche das Zusammenfalten der Grasblätter bewirken; nur ist der Vorgang bei den Moosblättern noch weit komplizierter, da es bei diesen mit dem bloßen Aufbiegen der Blattränder nicht abgethan ist, sondern auch ein Emporkrümmen und eine schraubige Drehung des ganzen Blattes gleichzeitig stattfinden.

4. Die Transpiration in den verschiedenen Jahreszeiten. Transpiration der Lianen.

Inhalt: Junge und alte Blätter. — Laubfall. — Zusammenhang des Baues der Leitungsvorrichtungen mit der Transpiration.

Junge und alte Blätter.

Die bisher in langer Reihenfolge geschilderten Regulatoren der Transpiration verbleiben den betreffenden Pflanzenteilen entweder lebenslänglich, oder erhalten sich nur verhältnismäßig kurze Zeit. Lebenslänglich verbleiben sie an immergrünen Blättern, zumal in Gegenden, wo alljährlich feuchte und trockne Perioden abwechseln. Da benötigen die Pflanzen in der regnerischen Zeit kräftiger Förderungsmittel der Verdunstung und in der Zeit der Dürre ausgiebiger Schutzmittel gegen zu weit gehenden Wasserverlust. Weil nun die immergrünen Blätter beide Perioden mehrere Male durchleben müssen, dürfen sie nach Ablauf des ersten Jahres weder der Förderungs- noch der Schutzmittel sich entledigen. Anders bei denjenigen Blättern, welche nur einen einzigen Sommer hindurch thätig sind, welche sich mit beginnender Vegetationszeit aus den Knospen hervordrängen, dann sich entfalten, einige Monate transpirieren, atmen, organische Stoffe erzeugen und diese zu den Stellen des Bedarfes hinleiten, bei Beginn der Dürre oder des Frostes aber vergilben und verwelken, sich von den sie tragenden Stengeln und Zweigen ablösen und absterben. An solchen Blättern kann eine Vorrichtung, welche für die erste Zeit recht nützlich war, später überflüssig werden, ja sie könnte unter geänderten äußern Einflüssen sogar zum Nachteile ausschlagen, und dann wird es gut sein, wenn sich das Blatt dieser Vorrichtung ganz entledigt. Oft wird es für das Blatt auch zuträglich sein, wenn an Stelle des einen Schutzmittels, das nur für den Beginn der Vegetationszeit vorteilhaft war, später ein andres tritt, das den neuen, geänderten Verhältnissen entspricht. In der That wird an den sogenannten sommergrünen Blättern, d. h. an denjenigen, welche nur ein Jahr hindurch im Sommer, ja oft nur zwei Monate lang thätig sind, sehr regelmäßig ein derartiger Wechsel in den Regulierungsvorrichtungen der Transpiration beobachtet.

Betrachtet man ein jugendliches Laubblatt, welches sich eben erst über die Erde emporgehoben hat, oder ein solches, das noch halb versteckt zwischen den Samenlappen eines Keimlinges oder zwischen den im Frühlinge sich lösenden Schuppen einer Knospe eingebettet liegt, so fällt auf, daß gerade derjenige Teil desselben, welchem später die Aufgabe zukommt, zu transpirieren und organische Stoffe zu erzeugen, in der Entwickelung noch sehr zurück ist. Während die Blattrippen schon kräftig hervortreten, ist das grüne Gewebe noch ganz unfertig. Nicht nur, daß dasselbe eine sehr geringe Flächenausdehnung besitzt, auch die darübergespannte Haut ist noch nicht ordentlich ausgebildet; die Außenwände der Hautzellen sind noch nicht mit Korkstoff gepanzert, sind daher weder wasserdicht noch auch für Wasserdampf undurchdringlich. Den Sonnenstrahlen und dem Anpralle der Winde ausgesetzt, würde dieses grüne Gewebe alsbald vertrocknen. Auch wenn sich das junge Laubblatt aus der Knospe über die Erde oder zwischen den Samenlappen vorgeschoben hat, sind die Verhältnisse noch dieselben. Es braucht noch geraume Zeit, bis diejenigen Teile, welche das grüne Gewebe enthalten, ganz ausgewachsen sind, und es bedarf daher eines Aufwandes ganz besonders wirksamer Schutzvorrichtungen, damit solche aus den Knospen hervorgeschobene

und nun den Wechselfällen der Witterung ausgesetzte Laubblätter unbeirrt auswachsen, daß sie namentlich ihr grünes, transpirierendes Gewebe normal ausbilden können. Diese Schutzvorrichtungen sind teilweise den jungen in der Entwickelung begriffenen Blättern ausschließlich eigentümlich und gehen später, wenn das Blatt ausgewachsen ist, wieder verloren. Zum Teile sind es wieder dieselben, welche auch an ausgewachsenen Blättern beobachtet werden. Verkleinerung der den Sonnenstrahlen und dem Anpralle der Winde direkt ausgesetzten Oberfläche, Vertikalstellung der Flächen und Bergung des grünen Gewebes unter einen schützenden Mantel sind naturgemäß diejenigen Erscheinungen, welche am auffallendsten hervortreten.

Der geringe Umfang der den Sonnenstrahlen und dem Anpralle der Winde unmittelbar ausgesetzten Oberfläche wird schon durch die Lage, welche das Laubblatt im Innern der Knospe einnimmt, bedingt. In der Knospe ist der Raum sehr beschränkt, und die jüngsten und kleinsten Blätter erscheinen diesem Raume dadurch angepaßt, daß ihre Fläche zusammengerollt, gefaltet oder runzelig ist. Diese Form ist begreiflicherweise ein großer Vorteil auch zur Zeit, wenn die Blätter an das Tageslicht hervorkommen; sie ist eben ein ausgezeichnetes Schutzmittel gegen Vertrocknung des grünen Gewebes, wird daher so lange beibehalten, als andre Schutzmittel noch nicht ausgebildet sind, und bleibt in einigen Fällen sogar zeitlebens dem betreffenden Blatte erhalten. Die Rollung desjenigen Blattteiles, welcher das grüne Gewebe enthält, findet man an mehreren Knöterichen (z. B. Polygonum viviparum und Bistorta), an den Arten der Gattung Pestwurz (Petasites), an einigen Primeln und insbesondere an vielen Zwiebelgewächsen. Die Mittelrippe oder oft sogar ein ziemlich breiter mittlerer Streifen des Blattes bleibt gerade, die davon rechts und links liegenden beiden Hälften aber erscheinen von den Rändern her eingerollt und zwar bald nach der Oberseite, bald nach der Rückseite. Immer wird jene Seite zur konkaven, an welcher sich die Spaltöffnungen ausschließlich oder vorherrschend finden, und wo darunter das von Luftkanälen durchsetzte grüne, transpirierende Gewebe liegt. An den Safranen (Crocus) sind die beiden Hälften des Blattes auswärts gerollt und durch einen breiten weißen, in die Rollung nicht einbezogenen Mittelstreifen verbunden, dessen Gewebe kein Chlorophyll enthält, und an den Milchsternen (Ornithogalum), deren Blätter von einem ähnlichen weißen Streifen durchzogen sind, erscheinen die beiden Hälften einwärts gerollt. Bei den Safranarten liegen die Spaltöffnungen in den zwei Rinnen an der Rückseite, bei den Milchsternen liegen sie in der Rinne an der Oberseite des Blattes. Die jungen Blätter der Farne sind auch zusammengerollt. Während aber bei den Blättern der früher genannten Pflanzen der Mittelstreifen des jungen Blattes immer gerade erscheint, ist es bei den Farnen die kräftig entwickelte Mittelrippe, welche gleich einer Uhrfeder spiralig nach einwärts gerollt ist, wodurch dann auch die von der Mittelrippe ausgehenden grünen, fiederförmigen Abschnitte übereinander geschoben sind. Die Mehrzahl der Farne bedarf am ursprünglichen Standorte selbst im ersten Entwickelungsstadium der Blätter selten besonderer Schutzmittel gegen zu weit gehende Verdunstung; wo aber ein solches notwendig sein sollte, wird es durch die eben geschilderte Form des jungen Blattes jedenfalls geboten. Übrigens finden sich in solchen Fällen regelmäßig noch besondere schützende Umhüllungen, auf welche noch zurückzukommen sein wird.

Weit seltener als die Rollung trifft man an den aus den Knospen hervorbrechenden Blättern die Runzelung. Die netzförmig verbundenen Blattrippen bilden ein festes Gitter, die grüne Blattmasse, welche in die Maschen des Gitters eingefügt ist, erscheint blasenförmig aufgetrieben, beziehentlich grubenförmig vertieft, und das ganze Blatt macht den Eindruck eines zerknitterten Tuches oder eines zerknitterten Papierbogens. Man spricht darum wohl auch von einer „zerknitterten Knospenlage" der Blätter. Besonders auffallend sind die

jungen gerunzelten Blätter vieler Arten von Ampfer (Rumex), Rhabarber (Rheum) und insbesondere mehrerer Frühlingsprimeln (Primula acaulis, elatior, denticulata 2c.). Manchmal gehen Runzelung und Rollung Hand in Hand, so zwar, daß die in der Knospenlage gerunzelten Blätter mit ihren seitlichen Rändern auch etwas nach abwärts gerollt sind.

Am häufigsten findet man an den noch in der Knospenlage befindlichen, eben hervorsprießenden jungen Blättern die Faltung. Die Rippen des Blattes bilden hierbei gleichsam die feststehenden Orientierungslinien, und nur die grünen Blattteile zwischen den Rippen



Laubentfaltung: 1., 2. des Kirschbaumes (Prunus avium); — 3., 4. des Walnußbaumes (Juglans regia); — 5., 6. des wolligen Schneeballes (Viburnum Lantana); — 7. des Frauenmäntelchens (Alchimilla vulgaris); — 8. des Sauerklees (Oxalis Acetosella). Vgl. Text, S. 323—327.

erscheinen in Falten gelegt. Bei der Mannigfaltigkeit in der Form und Verteilung der Blattrippen ist natürlich auch die Art und Weise der Faltung eine sehr verschiedene. Wo die Blattfläche von mehreren strahlenförmig verlaufenden Rippen durchzogen ist, wie z. B. bei dem Taubecher oder Frauenmäntelchen (Alchimilla vulgaris) in obenstehender Abbildung, Fig. 7, ist das Blatt in der Knospenlage genau so zusammengefaltet wie ein Fächer; die Rippen, welche in dem ausgewachsenen Blatte strahlenförmig divergieren, liegen noch parallel nebeneinander, und der im ausgewachsenen Blatte zwischen den Rippen ausgespannte grüne Blattteil bildet noch tiefe, gleichfalls dicht aufeinander liegende Falten. Bildet jede der strahlenförmigen Rippen die Mittellinie eines Blattabschnittes, wie bei den Fingerkräutern, den Klee- und Sauerkleearten (Fig. 8), so verhält es sich ganz ähnlich. Jedes Teilblättchen

ist entlang der Mittelrippe zusammengefaltet wie ein Bogen Papier, und diese gefalteten Blättchen liegen dann so aneinander wie die gefalteten Bogen in einem Buche.

Auch dann, wenn die Laubblätter fiederförmig sind, und wenn die Teilblättchen paarweise von einer gemeinsamen Spindel ausgehen, wie z. B. bei den Rosen, Karaganen, dem Vogelbeerbaume (Sorbus aucuparia) und der Walnuß (Juglans regia, s. Abbildung, S. 323, Fig. 3, 4), erscheinen sie längs ihrer Mittelrippe zusammengefaltet und wie in einem Buche aufeinander gelegt. Bei den Rosen und Karaganen ist ohnedies die gemeinsame Spindel in der Knospenlage noch so kurz, daß die von ihr ausgehenden Teilblättchen wie beim Fingerkraute alle von einem Punkte auszugehen scheinen. An den meisten Ahornblättern sowie den Blättern von Saxifraga peltata findet die Faltung nicht nur längs der strahlig verlaufenden, sondern auch längs der an diese sich ansetzenden kurzen Seitennerven statt. Es schieben sich dann zwischen den größern auch kleinere Falten ein, und es bildet diese Knospenlage einen Übergang zu jener, welche früher als die gerunzelte bezeichnet wurde. Sehr eigentümlich ist die Faltung, welche die Laubblätter der Buche (Fagus silvatica, s. Abbildung, S. 328), der Hainbuche und Hopfenbuche (Carpinus, Ostrya), der Eiche (Quercus) und vieler andrer Pflanzen in der Knospenlage zeigen. Jedes Laubblatt dieser Gewächse ist von einer Mittelrippe und zahlreichen von dieser nach rechts und links gleich den Gräten von der Wirbelsäule eines Fisches auslaufenden kräftigen Seitenrippen besetzt. Der grüne Blattteil bildet zwischen diesen noch sehr genäherten Seitenrippen tiefe Falten, welche ganz so wie die Falten eines Fächers aufeinander liegen. Wieder anders erscheint die Faltung bei dem Kirschbaume (Prunus avium). Hier ist jedes Blatt in der Knospe und auch noch geraume Zeit, nachdem es aus der Knospe sich vorgedrängt hat, nur längs der Mittelrippe gefaltet (s. Abbildung, S. 323, Fig. 1, 2). Die rechte und linke Hälfte desselben liegen so platt aneinander und decken sich so vollständig, daß man beim ersten Anblicke nur eine einfache Blattfläche vor sich zu haben glaubt. Überdies sind die beiden aufeinander gelegten Blatthälften durch eine balsamartige Substanz förmlich verklebt. Auch sind sie in diesem Entwickelungsstadium immer aufrecht, und das führt uns auf eine andre weitere Einrichtung, welche an den jugendlichen unausgewachsenen Blättern beobachtet wird.

Man kann wohl sagen, daß, abgesehen von einigen wenigen gerunzelten Formen, alle andern jugendlichen Laubblätter, wenn sie aus den Knospenhüllen oder zwischen den Kotyledonen hervorkommen oder über die Erde ans Tageslicht emporsprießen, mit ihrer Fläche nicht parallel zum Erdboden gerichtet sind. In diesem ersten Entwickelungsstadium haben vielmehr die grünen, transpirierenden, aber noch zarten Teile des Blattes immer eine vertikale Lage, und es zeigen ihre Flächen auch häufig jene Profilstellung, welche an den Phyllokladien und Phyllodien, an den reitenden Blättern der Schwertlilien und Tofjeldien, an jenen der Kompaßpflanzen während der Periode ihrer lebhaftesten Thätigkeit und an den in trockner Zeit zusammengefalteten Blättern der Gräser beobachtet wird. Entweder ist die ganze ausgebreitete oder gerollte Blattfläche aufgerichtet, wie bei den meisten Zwiebelpflanzen und grasartigen Gewächsen, oder es ist die Lage der Mittelrippe des Blattes zwar gegen den Horizont geneigt, aber es sind dann die Blatthälften zusammengeklappt, und es bilden die beiden aneinander schließenden Blattränder eine den Strahlen der Mittagssonne zugewendete Kante, wie das beispielsweise bei einigen Gräsern (Glyceria, Poa) und bei dem Kirschbaume (Prunus avium) der Fall ist, oder aber es ist der Stiel des Blattes lotrecht aufgerichtet und die noch zarte Spreite über denselben ähnlich einem zusammengezogenen Sonnenschirme herabgeschlagen, wie bei Podophyllum, Cortusa, Hydrophyllum und mehreren Ranunkulaceen. Bei der Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum) sind die zusammengefalteten Abschnitte der sich aus den Knospen hervorschiebenden Blätter aufrecht, dann schlagen sie sich herab, so daß ihre Spitzen der Erde zugewendet

sind, und später, wenn die Oberhaut mehr verdickt ist, heben sie sich wieder so weit, daß sie nahezu parallel zur Erdoberfläche stehen. Auch die Blätter der Linden (Tilia grandifolia und parvifolia) sind, wenn sie aus den Knospen hervorkommen, vertikal gestellt und mit der Spitze der Erde zugewendet und nehmen erst später eine nahezu horizontale Lage ein. Manchmal ist auch der senkrecht emporwachsende Blattstiel oben hakenförmig umgebogen, und die zusammengefalteten, vertikal gestellten Blättchen hängen an dem zurückgekrümmten Ende desselben, wie das z. B. der gewöhnliche Sauerklee und noch zahlreiche andre Pflanzen zeigen (s. Abbildung, S. 323, Fig. 8).

Als eine dritte Form des Schutzes für die zarten unausgewachsenen grünen Teile der jungen Blätter erscheinen Schirme und Hüllen der mannigfaltigsten Art ausgebildet. Häufig wird die Umhüllung durch sogenannte Nebenblättchen gebildet. Dort, wo das Laubblatt vom Stengel entspringt, befinden sich nämlich bei sehr vielen Pflanzen rechts und links vom Stiele des Blattes zwei Lappen, die man Nebenblättchen (stipulae) nennt. Diese Nebenblättchen sind bei den Feigenbäumen, bei den Eichen, Buchen, Linden, Magnolien und zahlreichen andern Gewächsen häutig, bleich und meist ohne Chlorophyll und stellen Schuppen dar, welche sich gleich Schirmen vor die aus der Knospe sich hervordrängenden kleinen, zarten grünen Blättchen stellen und jedenfalls auch als Schirme gegen die Sonnenstrahlen aufzufassen sind (s. Abbildung, S. 328). Ist das junge Blatt diesen Schirmen einmal über den Kopf gewachsen, und bedarf es derselben nicht weiter, so welken sie, lösen sich ab und fallen zu Boden. Im Grunde der Eichen- und Buchenwälder findet man, kurz nachdem die Laubblätter ihre normale Größe erreicht haben, Milliarden solcher abgefallener Schuppen, die man in der botanischen Kunstsprache „hinfällige Nebenblätter" genannt hat. Sehr auffallend sind die Nebenblätter der Magnolien, zumal des in Nordamerika heimischen, jetzt aber allenthalben auch in Europa kultivierten Tulpenbaumes (Liriodendron tulipifera), die in der Abbildung auf S. 326 dargestellt sind. Sie erscheinen verhältnismäßig groß, schalenförmig, und je zwei derselben sind so aneinander gelegt, daß sie eine Blase darstellen. In dieser häutigen, etwas durchscheinenden Blase eingeschlossen sieht man das junge Blatt, dessen Stiel hakenförmig gekrümmt ist, und dessen Flächen ähnlich jenen des Kirschbaumes längs der Mittelrippe zusammengefaltet sind. Das Blatt wächst dort, wie in einem kleinen Gewächshause, allmählich aus, vergrößert sich, und wenn dann die Hautzellen einmal so weit verdickt sind, daß die Gefahr des Vertrocknens abgewendet ist, dann öffnet sich die Blase, die beiden schalenförmigen Nebenblätter treten auseinander, schrumpfen zusammen und fallen schließlich ab. Nur zwei Narben an der Basis des Blattstieles erinnern dann noch daran, daß hier im Frühlinge zwei Nebenblätter saßen, welche das zarte junge Hauptblatt gegen zu weit gehende Transpiration zu schützen hatten.

Eine der bemerkenswertesten Schirmbildungen für die zarten, noch in der Entwickelung begriffenen grünen Gewebe entsteht auch durch eigentümliche Gruppierung der Blattrippen. Man beobachtet dieselbe am schönsten an den in der Knospenlage längs der Seitenrippen gefalteten Laubblättern. Jedes einzelne Blatt ist aufrecht, häufig auch an der Spitze und an den Rändern etwas eingebogen und schwach ausgehöhlt, so zwar, daß die Oberseite konkav und die dem einfallenden Lichte zugewendete Rückseite konvex erscheint. Da die Mittelrippe des Blattes verhältnismäßig noch kurz ist, die zahlreichen Seitenrippen dagegen schon kräftig entwickelt sind, so kommen die letztern so nahe aneinander zu liegen, daß sie sich gegenseitig berühren. Man sieht daher an der den Sonnenstrahlen zugewendeten Rückseite des aufgerichteten Blattes gar nichts von dem zarten grünen Gewebe, sondern nur die chlorophylllosen, dicken Seitenrippen, welche wie die Stäbe einer Rohrdecke nebeneinander liegen. Die grünen, häutigen, zwischen den Rippen ausgespannten Teile des Blattes springen als Falten an der von der Sonne abgewendeten konkaven Seite des aufrechten

jungen Blattes vor, sind also hinter der aus den zusammengedrängten Rippen gebildeten Schicht wie hinter einer Decke geborgen und so gut wie möglich gegen die Sonnenstrahlen und den direkten Anprall austrocknender Winde geschützt. Die Rippen selbst bestehen aus zelligen Bildungen, welche der Gefahr der zu weit gehenden Verdunstung nicht ausgesetzt



Laubentfaltung des Tulpenbaumes (Liriodendron tulipifera): 1. Ein Zweig, an dessen Spitze die Entfaltung soeben begonnen hat. — 2. Das Ende desselben Zweiges; die Entfaltung weiter vorgeschritten. — 3. Die vordern schalenförmigen Nebenblätter an den obersten Knospen künstlich entfernt. — 4. Eins der Nebenblätter im Abfallen begriffen. Vgl. Text, S. 325.

sind, und die über dieselben gezogene Haut entbehrt vollständig der Spaltöffnungen. Wenn die Blätter an den jungen Zweigspitzen gegenständig, aufgerichtet und konkav sind und sich mit ihren Rändern berühren, wie das an dem wolligen Schneeballe (Viburnum Lantana) der Fall ist, so bilden sie ein die Spitze des Sprosses umschließendes förmliches Gehäuse (s. Abbildung, S. 323, Fig. 5). Die schwachen Falten aus grünem Gewebe springen gegen den Innenraum des Gehäuses vor; die noch dicht zusammengedrängten Seitenrippen dagegen bilden die Außenwand des Gehäuses und zugleich eine schützende Hülle für die sich

vergrößernden grünen Blattteile. Sind diese einmal vollkommen ausgewachsen, und sind die Hautzellen entsprechend verdickt, so glätten sich die einspringenden Falten, die Rippen rücken auseinander, das Blatt wird flach, nimmt statt der vertikalen eine horizontale Lage an und wendet nun nicht mehr die Rückseite, sondern die Oberseite dem einfallenden Lichte zu (s. Abbildung, S. 323, Fig. 6).

Daß die firnisartigen Überzüge als schützende Decke besonders häufig an den jungen Blättern vorkommen und diese während ihrer Ausbildung vor zu weit gehender Verdunstung und Vertrocknung bewahren, schließlich aber, wenn die Blattfläche einmal vollkommen ausgewachsen und die Oberhaut kutikularisiert ist, verschwinden, wurde bereits wiederholt erwähnt. Ebenso wurde gelegentlich darauf hingewiesen, daß die Bekleidung mit Haaren den jugendlichen, der Knospe eben erst entschlüpften Laubblättern als Schutz und Schirm von hervorragendem Nutzen ist. An einer großen Zahl von Gewächsen sind die Blätter nur im Beginne der Entwickelung behaart; es finden sich an ihnen zwischen den plattenförmigen Hautzellen lange Haarzellen mit ihrer schmalen Basis wie eingekeilt. Diese letztern schrumpfen schon sehr zeitig dicht über ihrer Ursprungsstelle zusammen, brechen oder reißen dort quer ab, bleiben dann noch kurze Zeit hängen, werden aber später bei der Vergrößerung und Ausdehnung der Blattflächen abgestoßen, abgeworfen, oft auch durch den Wind entführt. Die anfänglich ganz dicht behaarten Blättchen erscheinen dann beiderseitig oder doch teilweise kahl und grün. Am auffallendsten ist in dieser Beziehung die Felsenmispel (Amelanchier vulgaris), deren längs der Mittelrippe gefaltetes Laub im ersten Frühlinge mit schneeweißer Wolle bekleidet ist, so daß man fast an ein Edelweiß erinnert wird, während es im Sommer keine Spur dieser Umhüllung mehr zeigt. Die Silberpappel (Populus alba), die Birnbäume und Vogelbeerbäume zeigen ähnliche Verhältnisse. Auch die Blätter der Roßkastanie sind, wenn sie sich über die braunen, auseinander gedrängten Knospenschuppen hervorschieben, dicht mit Wolle übersponnen, verlieren dieselbe aber im Laufe des Frühlinges so vollständig, daß man an den ausgewachsenen Blättern nur hier und da noch hängen gebliebene Reste derselben wahrzunehmen vermag. Nicht immer sind es übrigens wollige Überzüge, welche später als überflüssig ganz oder teilweise abgestoßen werden. An den Laubblättern des schon früher genannten Schneeballes (Viburnum Lantana) erscheinen verfilzte Sternhaare, welche sich ablösen, sobald die Haut genügend verdickt ist; bei einer Rhabarberart (Rheum Ribes) sind es armleuchterartige, kurzgliederige, brüchige Trichombildungen, welche den Kanten des anfänglich sehr stark runzeligen Blattes aufsitzen und später, wenn sie nicht mehr notwendig sind, sich in Stücke lösen und abfallen, und bei mehreren Himmelbrandarten (z. B. Verbascum pulverulentum und granatense) sind es strauchförmig verästelte Haargebilde, welche sich von der Oberhaut der ausgewachsenen Blätter abheben und als lose Flocken von den Winden fortgetragen werden.

An der Buche (Fagus silvatica) wird das Jugendkleid der Laubblätter aus Seidenhaaren gebildet, und die Art und Weise, wie diese angebracht sind, und wie sie fungieren, ist so eigentümlich, daß es der Mühe lohnt, etwas näher darauf einzugehen. Beim ersten Anblicke scheint das junge Buchenblatt an der Rückseite ganz mit Seide überzogen; bei genauerm Zusehen aber findet man, daß die Seidenhaare nur den Rändern und den Seitenrippen aufsitzen, und daß die grünen Teile des Blattes nichts weniger als behaart, sondern thatsächlich vollständig kahl sind. Da aber die grünen Teile des Blattes tiefe Falten bilden (s. Abbildung, S. 328, Fig. 4, 5), die Seitenrippen noch sehr genähert sind und die auf ihnen sitzenden Seidenhaare mit den Spitzen über die nächst vordern Rippen weit hinausragen, so werden alle furchenförmigen Vertiefungen der Falten ganz überdeckt; jede Furche ist von den sehr regelmäßig in paralleler Anordnung nebeneinander liegenden Haaren überbrückt, und so wird der Eindruck hervorgebracht, als ob das ganze Blatt ein zartes

Seidenkleid trüge (s. untenstehende Abbildung). Über die Bedeutung dieser Haare kann kein Zweifel aufkommen; sie schützen eben das von ihnen überdeckte grüne Gewebe gegen die Sonne und zwar so lange, bis die Haut dort genügend verdickt ist. Nachdem diese Verdickung erfolgte, glätten sich die Falten (Fig. 6), das Blatt nimmt statt der vertikalen eine horizontale Lage an; die Rückseite desselben ist dann von der Sonne abgewendet, und die Rolle der Haare ist ausgespielt. Sie sind jetzt überflüssig geworden und fallen in der Regel ab oder sind, wenn sie sich an den Seitenrippen erhalten, verknittert, unscheinbar und bedeutungslos geworden.

An dieser Stelle ist wohl auch noch der trocknen, häutigen Schuppen an den jungen Farnblättern zu gedenken. Betrachtet man die noch spiralig zusammengerollten, aber doch



Entfaltung des Buchenlaubes: 1. Die dunkeln Knospenschuppen auseinander gedrängt, oben die häutigen Nebenblätter sichtbar, welche die Laubblätter verhüllen. — 2. Die Entwickelung weiter vorgeschritten; die gefalteten Laubblätter werden zwischen den Nebenblättern sichtbar. — 3. Derselbe Zweig noch weiter entwickelt. — 4. Rückseite eines gefalteten jungen Buchenblattes. — 5. Ein Stück desselben Blattes; die Vertiefungen der Falten von Seidenhaaren überdeckt. — 6. Flächenansicht eines entfalteten Buchenblattes; die Nebenblätter welk und im Abfallen begriffen. — 7. Querschnitt durch ein Blatt, senkrecht auf die Mittelrippe. — 8. Durchschnitt parallel zur Mittelrippe. Vgl. Text, S. 324—328.

schon über die Erde emporgehobenen und dem Anpralle des Windes ausgesetzten Wedel des nächstbesten Waldfarnes, etwa jene von Nephrodium Filix mas, so fällt auf, daß von dem frischen Grün, welches diesen Farn später schmückt, noch nichts zu sehen ist; der unterste Teil der Mittelrippe und auch die Seitenrippen des Blattes sind wie mit Spreu überdeckt und ganz mit trocknen, häutigen, braunen Schuppen und Fetzen besetzt. Später, wenn sich das Blatt mehr und mehr aufrollt, breiten sich allerdings auch dessen grüne Fiedern aus, aber dann sind auch die Zellwände schon genügend verstärkt und bedürfen nicht mehr der spreuartigen Umhüllung. Noch auffallender ist diese Hülle aus Spreuschuppen an den Farnen, welche an sonnigen, felsigen Plätzen und als Überpflanzen in den Ritzen der Borke alter Bäume in tropischen Gegenden wachsen, und diesen verbleibt sie auch zeitlebens, worauf schon bei früherer Gelegenheit hingewiesen wurde.

Laubfall.

So wie zahlreiche Erscheinungen bei dem Hervorbrechen und der Entfaltung des Laubes zu Beginn der Vegetationszeit von der Transpiration abhängen, ebenso stehen auch mehrere Vorgänge am Ende der Vegetationsperiode, vor allen der **Laubfall**, mit der Transpiration in ursächlichem Zusammenhange. Früher oder später stellt natürlich jedes Blatt seine Thätigkeit vollständig ein, stirbt, löst sich von dem Pflanzenstocke, dem es seine Dienste geleistet hatte, und fällt zu Boden, um dort zu verwesen. In Gegenden, wo die Pflanzenwelt ununterbrochen das ganze Jahr thätig sein kann, tritt dieses Abwerfen der Blätter nicht auffallend hervor; in dem Maße, als neue Blätter unter den fortwachsenden Gipfeln der Sprosse entstehen, werden die tiefer stehenden ältern desselben Sprosses welk und hinfällig; der Laubfall ist dort ein ganz allmählicher, erstreckt sich über das ganze Jahr, wie sich die Entwickelung neuer Blätter über das ganze Jahr ausdehnt. In Gegenden, wo die klimatischen Verhältnisse eine ununterbrochene, über das ganze Jahr sich ausdehnende Thätigkeit der Pflanzen nicht zulassen, ist das wesentlich anders. Dort werfen nicht nur viele Bäume und Sträucher, sondern auch viele niedere Gewächse zu bestimmter, alljährlich wiederkehrender Zeit ihre gesamte Laubmasse innerhalb einiger Tage ab und erscheinen dann eine längere Periode hindurch mit entblätterten Zweigen scheinbar leblos und abgestorben. Das gilt sowohl für Gebiete, in welchen der kurzen Regenzeit eine lange Periode der Trockenheit und Hitze folgt, als auch für jene rauhern Landstriche, wo eine länger dauernde Frostperiode als eisiger Winter sich geltend macht und das Pflanzenleben in starre Fesseln schlägt. In jenen tropischen und subtropischen Gebieten, wo die atmosphärischen Niederschläge viele Monate lang ausbleiben, stehen die Laubhölzer schon zu Beginn der heißen, trocknen Jahreszeit entblättert da, bleiben Monate hindurch in diesem Scheintode und belauben sich erst wieder, wenn die kühlere Regenzeit eingetreten ist und der ausgedorrten Erde das belebende Naß wieder zugeführt wird. Dagegen fällt in jenen Landstrichen der gemäßigten Zonen, in welchen eine scharfe Grenze von Regenzeit und Trockenperiode nicht besteht, und wo in jedem Monate atmosphärische Niederschläge vorkommen, das Laub zu Beginn der Kälteperiode von den Bäumen, und erst nach Ablauf des Winters sprießt wieder frisches Grün aus den Knospen der Zweige hervor.

Es scheint allerdings sonderbar, daß der Laubfall das eine Mal mit dem Beginne der Kälte, das andre Mal mit dem Beginne der Hitze zusammenhängen soll. Und dennoch ist es so. Hitze und Kälte sind eben nur die fernern Ursachen; **die nächste Ursache des Laubfalles ist eine Gefährdung der Transpiration, und diese kann ebensowohl durch Hitze wie durch Kälte herbeigeführt werden.** Die Gefährdung der Transpiration durch andauernde Trockenheit in Boden und Atmosphäre bedarf kaum einer besondern Erörterung. Man kann diese Beziehungen in die wenigen Worte fassen: daß für jeden von Luft umspülten Pflanzenstock das Abwerfen der transpirierenden Flächen bei beginnender Dürre, das zeitweilige Einstellen der Saftbewegung, also der sogenannte Sommerschlaf, eins der besten Schutzmittel gegen die Gefahren einer zu weit gehenden Ausdünstung und Vertrocknung bildet. Schwieriger ist es, die Beziehungen zwischen dem Laubfalle und dem Eintritte der Kälteperiode klarzustellen, und es ist angezeigt, zunächst auf einige diese Beziehungen erläuternde Kulturversuche hinzuweisen. Wenn der Boden, in welchem Pflanzen mit lebhaft transpirierenden Laubblättern (Melonen, Tabak und dergleichen) kultiviert werden, auf einige Grade über dem Nullpunkte abgekühlt wird, so tritt nach kurzer Zeit ein Welkwerden der Blätter ein und zwar auch dann, wenn die Feuchtigkeit des Bodens und der Luft sowie die Temperatur der Luft für die betreffenden Pflanzen noch ganz entsprechend sein würden. Durch die Herabsetzung der Temperatur des Erdreiches wird die saugende

Thätigkeit der in demselben eingesenkten Wurzeln so beschränkt, daß der Wasserverlust, welchen die oberirdischen Laubblätter durch die Transpiration erleiden, nicht mehr ersetzt werden kann. Die Blätter welken, vertrocknen, werden braun oder schwarz, sehen wie verbrannt und verkohlt aus, und nach der den Gärtnern geläufigen Ausdrucksweise sind sie „erfroren“ und zwar erfroren bei einer Temperatur über dem Gefrierpunkte, was dann auf Rechnung einer „besondern Empfindlichkeit“ dieser Pflanzen gebracht wird. Es ist aber unrichtig, hier von Erfrieren zu sprechen; thatsächlich sind diese Pflanzen infolge der Kälte des Bodens und des dadurch beschränkten Zuströmens von Flüssigkeit zu den transpirierenden Laubblättern vertrocknet. In Gegenden, welche jährlich eine lang dauernde Kälteperiode durchmachen müssen, sind demnach die Pflanzen bei herannahendem Winter infolge der Abkühlung des Erdreiches, in dem sie wurzeln, der Gefahr des Vertrocknens ihrer Blätter gerade so ausgesetzt wie die Laubhölzer in den Catingas Brasiliens, wenn dort die heiße Trockenperiode beginnt. Sie entledigen sich auch gerade so wie diese ihres Blätterschmuckes, weil sie nicht mehr im stande sein würden, den Wasserverlust der Laubblätter zu ersetzen. Wenn dann die Temperatur der Luft unter Null sinkt, Frost eintritt und Wasser in der Pflanze zu Eis erstarrt, so wird dadurch der Laubfall wohl beschleunigt, teilweise ist er aber schon vor Beginn des Frostes erfolgt, und auch dort, wo die Blätter noch an den Zweigen haften, ist die Ablösung derselben durch die Beschränkung der Transpiration bereits eingeleitet und vorbereitet. Es soll hiermit nicht gesagt sein, daß die Pflanzen das Herannahen des Winters voraussehen, und daß die Vorbereitung zum Laubfalle das Ergebnis einer solchen klugen Voraussicht sei; vielmehr läßt sich die Erscheinung ungezwungen durch die Annahme erklären, daß in einem Klima, welches eine längere Unterbrechung der Transpiration des Laubes notwendig macht, gerade jene Pflanzenstöcke am besten gedeihen, sich erhalten und verbreiten, deren Eigenart es mit sich bringt, daß auf eine Periode energischer Arbeit eine Periode längerer Ruhe folgt. Der letzte Grund dieser unbewußt zweckmäßigen Periodizität ist freilich hiermit noch nicht erklärt. Derselbe ist ebenso rätselhaft wie überhaupt jede regelmäßige, an bestimmte Zeitabschnitte gebundene Wiederkehr von Lebensvorgängen und Lebenserscheinungen, die durch die Gunst oder Ungunst äußerer Verhältnisse zwar beschleunigt oder verlangsamt, aber nicht aufgehalten werden kann und die sich auch ohne direkten äußern Anstoß vollzieht oder doch zu vollziehen sucht.

In betreff der Beschleunigung, beziehentlich Verzögerung des Laubfalles ist es von hohem Interesse, zu sehen, wie sich eine und dieselbe Pflanzenart unter verschiedenen begünstigenden oder hemmenden äußern Einflüssen verhält, und wie sich in jedem Gebiete und an jedem Standorte gewissermaßen eine Auswahl der für die gegebenen Verhältnisse am besten geeigneten Stöcke vollzogen hat. Zunächst ist hervorzuheben, daß unter sonst gleichen Verhältnissen das Laub an jenen Stellen sich länger grün und länger an den Zweigen erhält, wo Boden und Luft eine größere Feuchtigkeit aufweisen. In schattigen, feuchten Waldschluchten sind nicht nur die Farne, sondern auch die Blätter der Birken, Buchen und Espen noch grün, wenn nebenan auf den sonnigen Hügeln das verfärbte Laub der genannten Bäume auf die verdorrten Wedel der Adlerfarne herabfällt.

Die auffallendste Erscheinung ist aber, daß eine und dieselbe Art in hohen Gebirgslagen viel früher sich entlaubt als im Thale und in der Niederung. Wenn man berücksichtigt, daß in den Alpen die Lärchenbäume und die Heidelbeergebüsche an der obern Grenze der Wälder ihre jungen grünen Nadeln und Blätter um beiläufig einen Monat später hervorschieben als in den Thälern, deren Sohle etwa eine Seehöhe von 600 m aufweist, so möchte man erwarten, daß dieser starken Verzögerung im Beginne der Entwickelung auch eine ausgiebige Verspätung des Abschlusses der Jahresarbeit entsprechen, und daß der Laubfall an der obern Waldgrenze auch um einen Monat hinausgeschoben sein würde. Aber

weit gefehlt. Dieselbe Lärchenart, welche hoch oben am Bergabhange um einen Monat später grün geworden ist, wird dort im Herbste um einen Monat früher gelb, und wenn die Heidelbeergebüsche in der Thalsohle noch mit dunkelgrünen Blättern geschmückt sind, leuchten die Gebüsche derselben Art aus den Lichtungen der Waldstreifen an der obern Holzgrenze schon in tiefen Purpur gehüllt ins Thal herab. Ihre Blätter haben sich oben bereits verfärbt und lösen sich welkend von den Zweigen ab. Die Erklärung dieser Erscheinung ergibt sich nach dem oben Mitgeteilten von selbst. In jenen hohen Gebirgslagen, wo die hochstämmigen Bäume ihre obere Grenze finden, ist der Boden schon Ende August nicht selten mit Reif bedeckt; in der ersten Hälfte des Septembers fällt regelmäßig schon Neuschnee, und wenn derselbe an den sonnigen Stellen auch wieder abschmilzt, so wird doch durch das Schneewasser der Boden tüchtig abgekühlt; die Länge der Tage nimmt zudem rasch ab, und die Sonnenstrahlen vermögen die Wärme, welche in den länger gewordenen Nächten durch Strahlung verloren geht, nicht mehr zu ersetzen. So sinkt die Temperatur der Erdkrume, in welcher die Pflanzen wurzeln, in jenen Höhen rasch herab, und die nächste Folge davon ist die Arbeitseinstellung der Saugwurzeln, die weitere Folge das Verfärben, Welken und Abfallen der Laubblätter, welche den Transpirationsverlust nicht mehr zu decken im stande sind. Es können sich demzufolge an der obern Baumgrenze nur solche Lärchenbäume und nur solche Heidelbeergebüsche erhalten, welche darauf eingerichtet sind, ihre jährliche Arbeit einen Monat später zu beginnen und einen Monat früher einzustellen als diejenigen, welche 1400 m tiefer sich angesiedelt haben.

Übrigens gilt das alles selbstverständlich nicht nur von den als Beispielen gewählten Lärchen und Heidelbeeren, sondern von allen andern Pflanzen, deren Verbreitungsbezirk sich von der Niederung bis hinauf zur Holzgrenze an den Gehängen des Hochgebirges erstreckt. Es gilt weiterhin aber auch für diejenigen Pflanzen, welche eine weite horizontale Verbreitung zeigen, die also beispielsweise von der Niederung am Nordfuße der Alpen bis hinab nach Unteritalien und selbst noch weiter südlich jenseit des Mittelmeeres wild wachsend oder kultiviert angetroffen werden. Wenn man im Herbste mit den Schwalben südwärts zieht, so wird man die Buchen und Rüstern, welche sich am Nordfuße der Alpen bei Wien Anfang Oktober verfärben, auf den Bergen Madeiras nicht einmal Anfang November verfärbt finden, und man kann die Platanen über dem schon durch nächtliche Reife erkälteten Boden im nordtirolischen Innthale bei Innsbruck mit entblätterten Zweigen, an den milden Ufern des Gardasees am Südfuße der Alpen zwar noch belaubt, aber doch schon mit vergilbenden Blättern und in Palermo noch mit grünem dunkeln Laube geschmückt sehen. Ja, in Griechenland erhält sich die Platane in einzelnen Exemplaren den ganzen Winter über grün, und es ist insofern auch keine Fabel, wenn Plinius von immergrünen Platanen erzählt. Auch die Zentifolien, welche nordwärts der Alpen mit Beginn des Winters ihr Laub verlieren, bleiben in Athen und selbst in Rom den ganzen Winter über grün. Ebenso ist der Flieder, der im Norden zu den sommergrünen Pflanzen zählt, in Poti am Schwarzen Meere den ganzen Winter hindurch grün belaubt. In den Oasen des nordafrikanischen Wüstengebietes behält sogar der Pfirsichbaum von der einen Vegetationsperiode bis zur andern sein Laub frisch und grün, und während die Blüten dieses Baumes im mittlern und südlichen Europa an Zweigen sich entfalten, welche im Herbste des vorhergegangenen Jahres ihr Laub verloren haben, kommen in den genannten Oasen die Blüten zwischen den noch grünen Blättern der frühern Vegetationsperiode hervor. Daß es auch dabei wieder auf die Temperatur und Feuchtigkeit des Erdreiches ankommt, und daß jene Platanen und Pfirsichbäume ihr Laub am spätesten abwerfen, deren Wurzeln auch im Spätherbste und Winter in einem feuchten und relativ warmen Boden eingebettet sind, darf als wohlbegründet angenommen werden. Einen der besten Belege dafür, daß

diese Auffassung die richtige ist, bietet wohl die Mulde nächst der Solfatara bei Neapel, wo der Boden jahraus jahrein warm gehalten ist und auch der Feuchtigkeit nicht entbehrt. Unter dem Buschwerke verschiedener südlicher Sträucher mit immergrünem Laubwerke stehen dort auch, durch fortwährendes Verstümmeln niedrig gehalten, einige Exemplare der gewöhnlichen Stieleiche (Quercus pedunculata). Im mittlern Europa und auch noch südwärts der Alpen, wie z. B. in dem großen Eichenwalde bei Montona in Istrien, verfärbt sich das Laub dieser Eichenart im Spätherbste; ein Teil desselben fällt schon mit Beginn des Winters von den Zweigen, der andre verbleibt zwar zunächst noch an denselben, wird aber braun und dürr und löst sich nach Ablauf des Winters ab. An den Zweigen der erwähnten Eichen im warmen Boden nächst der Solfatara aber fand ich noch Ende April das Laub des verflossenen Jahres grün und fest an den Zweigen haftend, obschon bereits neues Laub aus den Knospen hervorzubrechen begann.

Aus alledem geht wohl unzweifelhaft hervor, daß **das Abwerfen des Laubes von der aufgehobenen Transpiration und in letzter Linie von dem Versiegen jener Quellen, aus welchen die transpirierenden Blätter ihr Wasser schöpfen, abhängt.** Die Pflanzen, welche sich ihres Laubes entledigen, verlieren damit allerdings viel organische Substanz, an deren Erzeugung sie monatelang gearbeitet haben; aber dieser Verlust steht in gar keinem Verhältnisse zu den Vorteilen, welche für sie das Abwerfen des Laubes mit sich bringt. Das, was abgeworfen wird, ist eigentlich doch nur ein Fächerwerk von ausgeleerten Zellen, die tote Hülle des lebendigen Teiles der Pflanze. Das Protoplasma hat sich rechtzeitig zurückgezogen, die Protoplasten, welche in den Zellen des Laubes thätig waren, sind von dort ausgewandert, sie haben an irgend einer andern geschützten Stelle des Pflanzenstockes, im Stamme, in den Wurzeln oder Knollen, Winterquartiere bezogen und dort auch alles, was noch für das nächste Jahr brauchbar ist, Stärkemehl, Fett, Zucker ꝛc., deponiert. Die ausgeleerten Zellen können daher für das allgemeine Beste leicht geopfert werden. Die abgeworfenen Blätter fallen zu Boden, verwesen und tragen zur Bildung von Dammerde bei, welche der Nachkommenschaft der laubabwerfenden Pflanzen zu gute kommt. Da bei der Bildung eiweißartiger Verbindungen in den Blättern eine Menge von oxalsaurem Kalke entsteht, der keine weitere Verwendung in der Pflanze finden kann und sich bis zu Ende des Sommers so reichlich aufspeichert, daß er der Pflanze schließlich lästig werden muß, so ist das Abwerfen des Laubes eigentlich auch als eine Stoffentäußerung aufzufassen, welche mit der Ausscheidung der Exkremente bei den Tieren verglichen werden könnte.

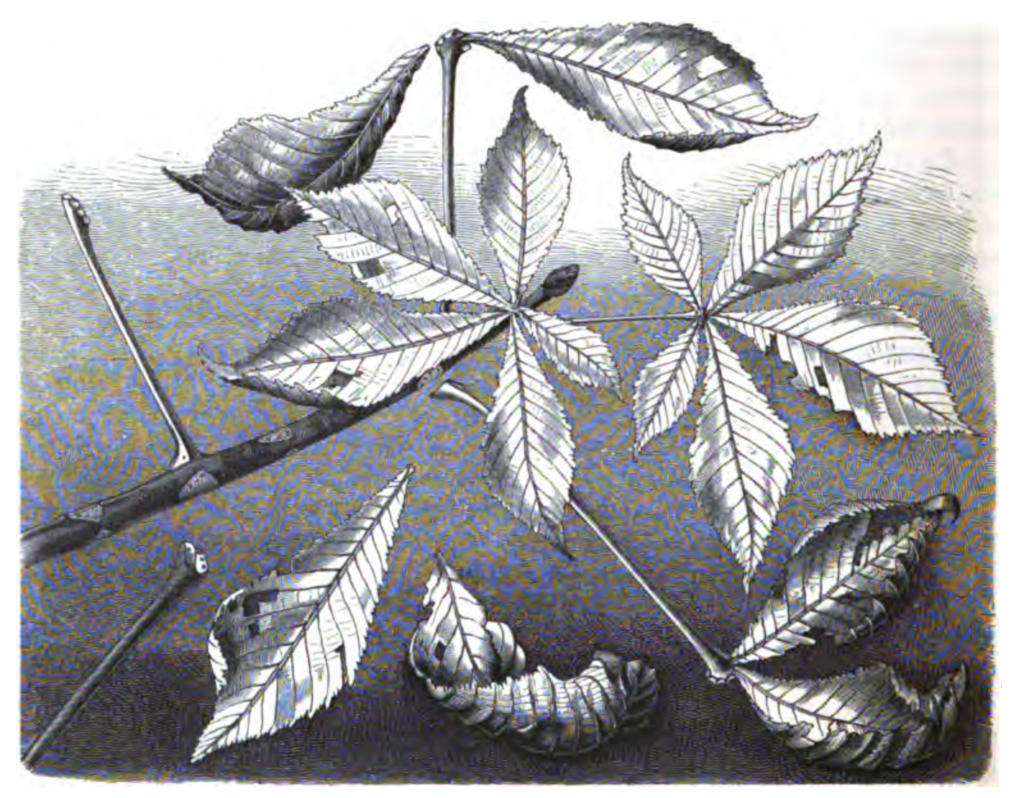
Endlich ist auch noch zu bedenken, daß nur Pflanzen, deren Laub platt dem Boden aufliegt, oder solche, deren Blätter nadelförmig und deren Äste und Zweige sehr elastisch sind, durch Schneedruck keinen Schaden leiden. Bäume, Sträucher und Stauden mit breit angelegten Flachblättern, wie Platanen, Ahorne, Linden, Buchen und Rüstern, sind nicht im stande, die Last des sich auf den großen Blattflächen anlegenden Schnees zu ertragen. Wenn ausnahmsweise einmal zeitig im Herbste, bevor noch der Laubfall begonnen, Berg und Thal eingeschneit werden, oder wenn im Spätfrühlinge, nachdem die jungen neuen Blätter schon eine ziemliche Flächenentwickelung erreicht haben, zum Schrecken des Landwirtes auf Feld und Wald dichter Schnee fällt, so sind die dadurch angerichteten Verheerungen ganz entsetzlich: die großblätterigen Stauden sind niedergedrückt und ihre Stengel geknickt, armsdicke Äste und mächtige Stämme der Bäume werden gesplittert, und in den Laubwäldern kann man ganze Reihen von Ahornen und Buchen zu Boden gestreckt, ja selbst entwurzelt sehen. Solche Verheerungen müßten aber in Gegenden mit schneereichem Winter in jedem Jahre wiederkehren, wenn dort die Laubhölzer ihre Blätter nicht rechtzeitig abwerfen würden, und man kann sich leicht ausmalen, wie es nach einer Reihe von solchen Katastrophen mit dem Laubwalde aussehen müßte.

Einer weitverbreiteten Meinung zufolge soll der herbstliche Laubfall durch den Frost veranlaßt werden. Diese Meinung stützt sich auf die Beobachtung, daß dort, wo im Oktober und November die Temperatur unter den Nullpunkt sinkt, in den Frühstunden, welche auf die hellen, kalten Nächte folgen, das Laub massenhaft von den Zweigen fällt. Daß der Frost mit dem Laubfalle in irgend einem Zusammenhange steht, kann demnach kaum bestritten werden; daß er aber nicht immer die unmittelbare Veranlassung ist, geht daraus hervor, daß der Laubfall nicht sofort eintritt, wenn Pflanzen mit beblätterten Zweigen schon Ende August oder Anfang September einer Temperatur unter Null ausgesetzt werden, und anderseits auch daraus, daß das Laub der Linden, Rüstern, Ahorne, Kirschbäume rc. schließlich auch dann abgeworfen wird, wenn im Herbste gar keine Fröste eintreten. Man könnte daher, wie schon früher erwähnt wurde, nur sagen, daß der Frost den Laubfall begünstigt, daß er dessen Eintritt beschleunigt, nimmermehr aber, daß das Ablösen der Blätter nur durch ihn bewirkt wird.

Thatsächlich erfolgt das Ablösen der Blätter von den Zweigen durch die Ausbildung einer eigentümlichen Zellenschicht, durch das Entstehen eines besondern Gewebes, das man die Trennungsschicht genannt hat. Ohne vorhergegangene Ausbildung dieses Gewebes könnten sich die Blätter überhaupt nicht ablösen, auch dann nicht, wenn sie längere Zeit sehr niederer Temperatur ausgesetzt und die Säfte in ihren Zellen und Gefäßen zu Eis erstarrt sein würden. Gerade jener Teil der Blätter, in welchem die Ablösung erfolgen soll, besteht aus festen, zähen Geweben, zu deren vollständiger Zerreißung die durch den Frost veranlaßten mechanischen Veränderungen nicht ausreichen. Die Trennungsschicht dagegen, welche sich im Bereiche dieser Gewebe an einer oder an mehreren beschränkten Stellen des Blattes bildet, besteht aus saftreichen Parenchymzellen, deren Wände so gebaut sind, daß ihr Verband sowohl durch mechanische als durch chemische Einflüsse leicht aufgehoben wird und ein Zerfallen des Zellgewebes stattfinden kann. Die Anregung zur Entstehung der Trennungsschicht wird gewiß sehr häufig durch die Beschränkung der Transpiration gegeben, in jenen Gegenden, welche einem kalten Winter entgegensehen, durch die allmähliche Abkühlung des Bodens und die Einstellung der Saugthätigkeit der Wurzeln. Sobald diese Einschränkung der Transpiration beginnt, was den vorhergehenden Erörterungen zufolge nach der geographischen Breite und der Seehöhe des betreffenden Gebietes sehr verschieden ist, entstehen am Grunde der Blätter und Blättchen zartwandige Zellen, die sich durch Teilung rasch vermehren und schon nach kurzer Zeit einen Wulst bilden, der sich durch seine hellere Färbung und auch dadurch, daß er etwas durchscheinend ist, von dem derben ältern Gewebe unterscheidet. Regelmäßig bildet sich dieser Wulst am Stiele des Blattes und zwar an jenen Stellen aus, wo die Gefäßbündel, die aus dem Zweige in die Blattfläche übergehen und sich in dieser als Rippen und Adern verteilen, eine Verengerung erfahren. Gerade an dieser Stelle schaltet sich das wuchernde Gewebe ein, drängt und zerrt die andern ältern Zellen förmlich auseinander und kann selbst eine Zerreißung derselben veranlassen. Hat dann die Trennungsschicht einmal die entsprechende Dicke erreicht, so heben sich die zartwandigen Zellen derselben voneinander ab, ohne daß dabei ihre Membranen irgendwie verletzt oder zerrissen werden. Es scheint, daß durch organische Säuren die sogenannte Mittellamelle der Zellwand gelöst und dadurch der Verband der Zellen in dem Gewebe der Trennungsschicht aufgehoben wird. Der unbedeutendste Anlaß kann nun eine Zerklüftung des gelockerten Gewebes, ein Auseinanderweichen der Zellen in der Trennungsschicht herbeiführen, und wenn kein weiterer Anstoß von außen erfolgt, so findet die Ablösung schließlich von selbst statt, indem schon das Gewicht des Blattes hinreicht, um seine vollständige Abtrennung zu bewerkstelligen. In der Regel wird aber das Abfallen der Laubblätter noch durch äußere Einflüsse beschleunigt.

Jeder Windstoß bringt Blätter zu Falle, die durch das Frieren und Erstarren und das nachträgliche Auftauen des Zellsaftes bedingten Änderungen im Volumen befördern gleichfalls die Ablösung und vermögen auch die Zerreißung von noch nicht gelösten Gefäßbündeln zu beschleunigen, und so kommt es, daß, insbesondere dann, wenn nach einer frierkalten Nacht die aufgehende Sonne die herbstlich gefärbten Blätter bescheint und den zu Eis erstarrten Zellsaft löst, Tausende von Blätter selbst bei vollständiger Windstille zu Boden fallen.

Die Stelle, wo die Abtrennung erfolgt, ist in der Mehrzahl der Fälle scharf abgegrenzt, und es sieht aus, als hätte man dort mit einem Messer die Stiele der Blätter und Blättchen



Laubfall der Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum). Vgl. Text, S. 335.

durchschnitten. Je nach der Form des Blattstieles zeigt die Abtrennungsfläche einen sehr verschiedenen Umriß. Bald ist sie hufeisenförmig, bald dreieckig, bald rundlich, bald erinnert sie an ein Kleeblatt, oder sie hat wohl auch eine ringförmige Gestalt. Der Stiel der Platanenblätter bildet an der Basis einen Hohlkegel, der die Hülle einer Knospe darstellt; beim Ablösen entsteht dann ein Spalt, der rings um den ganzen Hohlkegel geht. Auch den Gelenkflächen der Röhrenknochen des menschlichen Skeletes (Ellbogen, Speiche, Schienbein) sehen manche Trennungsebenen der Blattstiele ähnlich. An den Blättern der Weinreben bilden sich zwei Trennungsschichten aus, die eine dicht über dem Stamme der Rebe an der Basis des Blattstieles, die andre am obern Ende des Blattstieles unmittelbar unter der Blattspreite. An den handförmigen Blättern der Roßkastanie und der Zaunrebe (Ampelopsis), an den zusammengesetzten Blättern der Federbusch-Spierstaude (Spiraea Aruncus), an dem gefiederten Blatte des chinesischen Götterbaumes (Ailanthus glandulosa) und dem doppelt gefiederten Blatte des nordamerikanischen Gymnocladus Canadensis

entsteht unter jedem Teilblättchen eine besondere kleine und an der Basis des Blattstieles überdies eine große Trennungsschicht. Solche aus mehreren Teilblättchen gebildete Blätter fallen bei einem Anstoße von außen wie Kartenhäuser zusammen, und unter den betreffenden Bäumen liegt dann im Spätherbste ein wirres Haufwerk von Blättchen und Blattstielen, welch letztere bald langen Gerten (wie z. B. bei dem Götterbaume und dem Gymnocladus), bald Röhrenknochen (wie bei den Roßkastanien) ähnlich sehen (s. Abbildung, S. 334).

Manchmal lagert sich die Trennungsschicht so in den Stiel des Blattes ein, daß nach erfolgter Ablösung ein kleiner Teil des Stieles am Zweige zurückbleibt. So ist es an dem Pfeifenstrauche (Philadelphus), wo der zurückbleibende Teil in Gestalt einer Schuppe die über dem Blattstiele angelegte Knospe zu schützen hat.

Bei einigen Bäumen und Sträuchern erfolgt die Ablösung der Blätter ungemein rasch, bei andern nur sehr allmählich. An dem japanischen Ginkgo (Ginkgo biloba) vollzieht sich die Anlage der Trennungsschicht und die Ablösung der Blätter innerhalb weniger Tage, bei den Hainbuchen und Eichen erstreckt sich die Entlaubung über Wochen, ja an diesen Bäumen wird häufig nur ein Teil der abgestorbenen Blätter im Herbste, der andre erst nach Ablauf des Winters abgeworfen.

Erwähnenswert ist auch, daß bei einigen Bäumen die Ablösung des Laubes an der Spitze der Zweige beginnt und von dort allmählich gegen die Basis zu fortschreitet, während wieder bei andern das Umgekehrte der Fall ist. An den Eschen, Buchen, Haseln und Hainbuchen ist das obere Ende der Zweige jedesmal schon der Blätter beraubt, wenn die untere Hälfte derselben noch festsitzende Blätter trägt; an den Linden, Weiden, Pappelbäumen und Birnbäumen dagegen sieht man die Zweige unten schon sehr zeitig im Herbste blattlos werden und die Entlaubung nach oben zu fortschreiten; an den äußersten Zweigspitzen bleiben gewöhnlich noch einige Blätter lange hartnäckig sitzen, bis auch sie beim Anpralle des ersten Schneesturmes fortgewirbelt werden.

Zusammenhang des Baues der Leitungsvorrichtungen mit der Transpiration.

Daß zwischen den die Transpiration regulierenden Einrichtungen in der unmittelbaren Umgebung der grünen Gewebe und denjenigen Vorrichtungen, welche die Zuleitung des rohen Nahrungssaftes von der Wurzel her durch Stamm und Zweige bis in den Bereich des grünen, verdampfenden Gewebes bezwecken, ein einträchtiges Zusammenwirken besteht, läßt sich im vorhinein erwarten.

Wo viel Wasser oberflächlich verdunstet, wird auch viel Wasser nachzuliefern sein, und in Bahnen, welche zu stark transpirierenden, umfangreichen Blattflächen hinführen, wird sich die Flüssigkeit rascher bewegen als in Leitungsapparaten, welche zu einem grünen Gewebe hinführen, das nur wenig und langsam transpiriert. In der Kiefer mit den starren, wenig verdunstenden Nadeln bewegt sich der aufsteigende rohe Nahrungssaft in seinen Bahnen thatsächlich um vieles schwerfälliger als im Ahorne, dessen flache Blätter große Mengen von Wasser in Dampfform abgeben. Die rascheste Leitung aber beobachtet man an Kletter- und Schlingpflanzen, deren Stengel bei der mäßigen Dicke von einigen Zentimetern eine Länge von weit über 100 m erreichen können, an jenen seltsamen Kletterpalmen, deren Stämme sich zuerst in unzähligen schlangenförmigen Krümmungen weithin über den Boden und dann hinauf zu den Wipfeln der höchsten Bäume ziehen und dort oben im Sonnenscheine ihre Blätter entfalten. Man kennt Kletterpalmen (Rotang), deren Stengel sogar eine Länge von 180 m zeigen, und die, wenn sie in vielfach gewundenem Laufe die Höhe der Baumkronen erreicht haben, sich dort gerade aufrichten und die großen

Fiederblätter ganz so wie geradschäftige Palmen ausbreiten. Die untenstehende Abbildung zeigt im Hintergrunde den Rand eines Waldes, an dessen Bäumen sich einzelne Exemplare



Indische Kletterpalmen (Rotang). Nach einer Photographie.

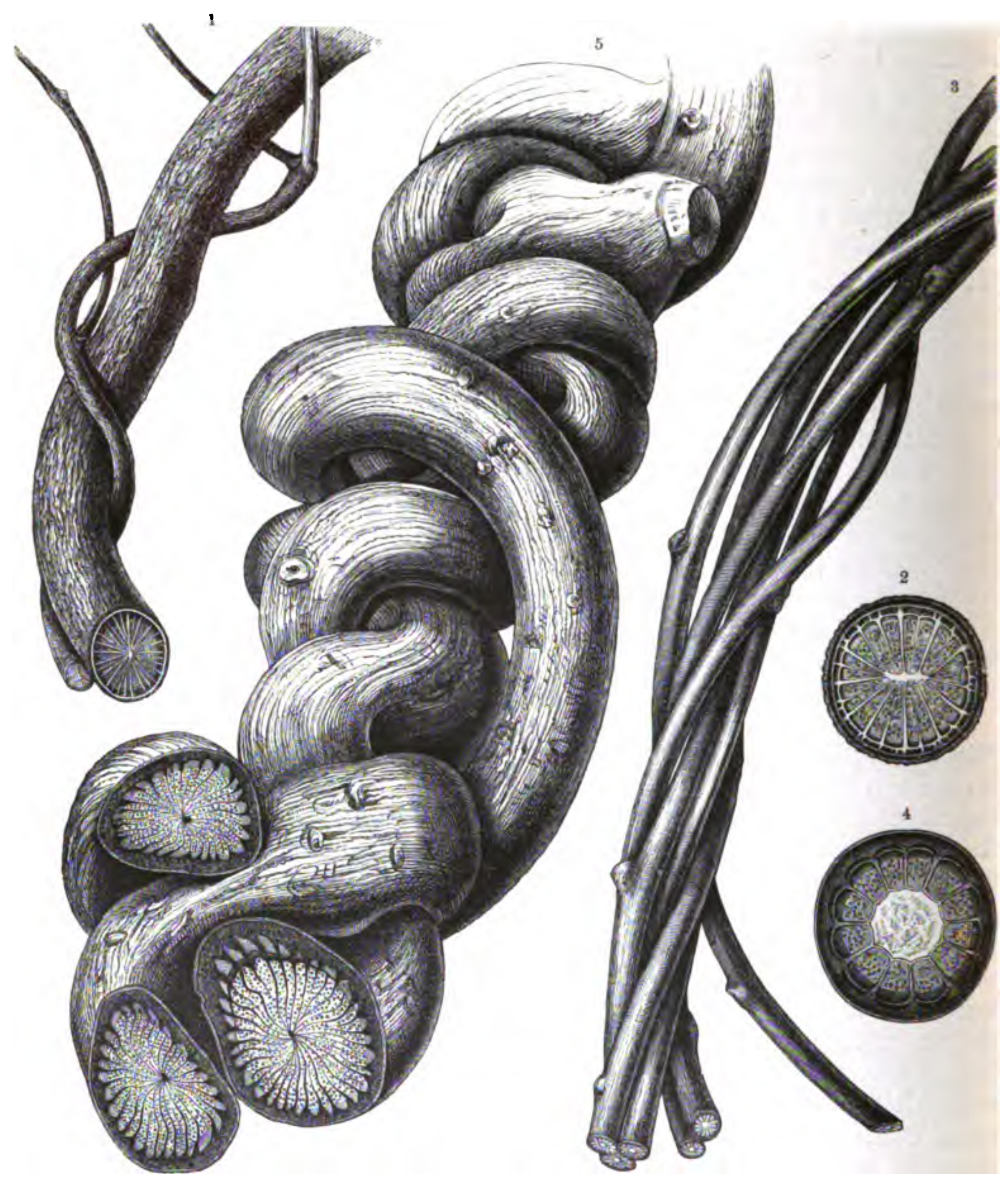
einer solchen Rotangart emporgezogen haben. Viele Stunden des Tages mögen vergehen, wo wegen bewölkten Himmels und wegen großer Feuchtigkeit der Luft die Transpiration aus den hoch oben in den Kronen andrer Bäume sich breit machenden Blättern eine äußerst geringe sein wird; bei kräftig wirkendem Sonnenscheine und starker Erwärmung der Blätter

aber wird dann eine gewaltige Menge von Wasserdampf in kurzer Zeit an die Luft abgegeben werden müssen. Diese Wassermenge soll ersetzt werden und zwar rasch, noch dazu durch Vermittelung eines 180 m langen und nur einige Zentimeter dicken Stammes. Damit das möglich wird, muß alles, was die rasche Fortbewegung des Wassers und der in denselben gelösten Nährstoffe auf dem langen Wege behindern könnte, es müssen insbesondere die Widerstände in den leitenden Röhren möglichst beseitigt werden. Die Fortbewegung von Flüssigkeiten wird aber in einem Kanale desto mehr erschwert und verlangsamt, je enger dieser ist, weil dann von der durchgeleiteten Flüssigkeit verhältnismäßig viel an der innern Fläche des Kanales adhäriert, und es ist daher zur Erzielung einer raschen Fortbewegung nötig, diese Adhäsion möglichst zu verringern. Das geschieht nun am einfachsten durch **Erweiterung des Kanales**, weil dadurch die adhärierende Fläche im Verhältnisse zur größern Masse der durchgeleiteten Flüssigkeit verkleinert wird. In der That findet man nun in den Stämmen der **Kletterpalmen** relativ sehr weite Röhren, durch welche eine große Menge von Flüssigkeit in kurzer Zeit von den Wurzeln zu den transpirierenden Blattflächen befördert werden kann und in Wirklichkeit auch befördert wird. Die Kletterpalme Calamus angustifolius zeigt Leitungsröhren von mehr als 1/2 mm und die in der Abbildung, S. 336, dargestellte Rotangart von nahezu 1/2 mm Durchmesser.

Was hier insbesondere von den Rotang- oder Kletterpalmen gesagt ist, gilt auch von allen andern unter dem Namen **Lianen** bekannten Schling- und Kletterpflanzen, und zwar sind ihre Saftleitungsröhren um so weiter, je länger die Stämme und je größer die verdunstenden Blätter sind. Bei sehr vielen Lianen kann man die Mündungen der leitenden Gefäße mit freiem Auge deutlich erkennen, wie das z. B. im Querschnitte der in natürlicher Größe auf S. 338 abgebildeten Liane (Fig. 5) der Fall ist. Eine Weite von 1/8 mm ist bei den Passifloren und Aristolochien und überhaupt bei den meisten Schling- und Kletterpflanzen keine Seltenheit, und an manchen Lianen hat man sogar einen Durchmesser der Leitungsröhren von 0,7 mm beobachtet.

Eine ganz besonders merkwürdige Art der Zuleitung des Bodenwassers zu den grünen Blattflächen zeigen einige großblätterige, an Bäumen hinaufkletternde **tropische Aroideen, welche mit Luftwurzeln versehen sind.** Diese Gewächse haben eigentlich zweierlei Luftwurzeln: kürzere, wagerecht vom Stamme ausgehende, mit welchen sie sich an die Unterlage, gewöhnlich an alte Baumstrünke, anklammern, und dann längere, welche wie Stricke lotrecht zur Erde herabgehen. Diese letztern erreichen an der auf S. 339 abgebildeten mexikanischen Tornelia fragrans (Philodendron pertusum) die Länge von 4 bis 6 m und den Durchmesser von 1 bis 2 cm. Sie sind gleichmäßig dick, braun, glatt, unverästelt und ganz gerade. Sobald sie herabwachsend den Boden erreichen, beugen sich ihre Enden unter einem nahezu rechten Winkel um und senden eine Menge Seitenwürzelchen in die Erde, welche in einen förmlichen Pelz von Saugzellen (Wurzelhaaren) gehüllt sind. Es wird dann das umgebogene Ende sogar etwas in die Erde hineingezogen und dadurch die ganze Luftwurzel ziemlich straff gespannt. Regelmäßig entstehen unter jedem neuen Blatte je zwei solche seilähnliche Luftwurzeln, und es sieht so aus, als ob diese Gebilde dazu vorhanden wären, um dem darüberstehenden großen, üppigen Blatte auf kürzestem Wege den nötigen Nahrungssaft aus dem Boden zuzuführen. Ja, es sieht nicht nur so aus, sondern es ist auch wirklich so, und was besonders bemerkenswert ist, es spielt bei dieser Zufuhr der Wurzeldruck eine hervorragende Rolle. Durchschneidet man eine dieser seilförmigen Luftwurzeln spannenhoch über dem Boden, so sieht man sofort wässerige Flüssigkeit aus der Mitte des Querschnittes hervorquellen. Der Holzkörper, welcher hier einen mittlern Strang bildet, enthält, ähnlich dem Stengel der Lianen, auffallend weite Leitungsröhren, und die Menge der Flüssigkeit beträgt innerhalb 36 Stunden nicht

weniger als 17 g. Auffallend ist, daß hier der Wurzeldruck allem Anscheine nach das ganze Jahr über mit gleicher Kraft wirksam ist. Bei der Weinrebe ist das nicht der Fall. Die Reben, welche im Sommer durchschnitten werden, thränen bekanntlich nicht mehr; die



Lianen: 1. Ausschnitt aus dem Stengel einer tropischen Aristolochia. — 2. Querschnitt durch eine lianenartige Aristolochia. — 3. Menispermum Carolinianum. — 4. Querschnitt durch den windenden Stengel dieses Menispermum (vergrößert). — 5. Ausschnitt aus einer im tropischen Walde gesammelten Liane (wahrscheinlich Asklepiadee); in natürlicher Größe. Vgl. Text, S. 337.

durchschnittenen seilförmigen Luftwurzeln der tropischen Aroideen thränen dagegen zu allen Zeiten des Jahres. Freilich ist bei den letztern die Vegetationsthätigkeit im Laufe des Jahres niemals ganz unterbrochen, und es ist auch daran zu erinnern, daß diese Gewächse an Orten vorkommen, wo die Luft und der Boden jahraus jahrein warm sind,



Aroideen (Philodendron pertusum und Philodendron Imbe) mit seilförmigen Luftwurzeln. Vgl. Text, S. 337.

und wo auch die Feuchtigkeit der Luft und des Bodens nur geringen Schwankungen unterliegt (vgl. S. 249). An feuchtwarmen Standorten dürfte die Transpiration aus den Blättern zeitweilig ganz eingestellt sein, und dann ist es wohl notwendig, daß die nötige Menge rohen Nahrungssaftes durch den Wurzeldruck zu den Blättern hinaufgetrieben wird, damit diese die nötige Menge von Nährsalzen erhalten. Das aufgetriebene Wasser, welches die Nährsalze gelöst enthält und nach Abgabe derselben in den Blättern überflüssig geworden ist, wird dann aus Spaltöffnungen, welche dadurch zu „Wasserporen" werden, ausgepreßt.

Für diese tropischen Aroideen sind übrigens die auf kürzestem und geradestem Wege den rohen Nahrungssaft zu den Blättern leitenden Luftwurzeln auch insofern von großer Bedeutung, weil es nicht selten vorkommt, daß der unterste Teil des Stammes im Alter ganz abstirbt, so daß dann der obere, durch die früher erwähnten kurzen Haftwurzeln an einem Baumstrunke angeheftete Stammteil mit der Erde in gar keiner direkten Verbindung mehr steht. Die Haftwurzeln würden nicht genügen, den Bedarf an flüssiger Nahrung zu decken, und der ganze Stock wird dann nur durch die seilartig zum Boden gesenkten Luftwurzeln mit dieser Nahrung versorgt.

Schon diese wenigen Beispiele zeigen zur Genüge, daß der Bau des Stammes und der Wurzeln, insofern durch diese Gebilde die Zuleitung des rohen Nahrungssaftes zu dem verdunstenden grünen Gewebe erfolgt, mit der Transpiration im innigsten Zusammenhange steht. Da aber der Aufbau dieser Pflanzenglieder, namentlich die Architektonik des Stammes, auch noch von verschiedenen andern, erst später zu erörternden Lebensvorgängen abhängig ist, so wäre es nicht passend, diese Beziehungen schon hier ausführlich zu erörtern, und muß deren Behandlung einem spätern Abschnitte vorbehalten bleiben.

---

5. Leitung der Nährgase zu den Stellen des Verbrauches.

Inhalt: Leitung der Nährgase in den Wasser-, Stein- und Erdpflanzen. — Bedeutung des Wassergewebes für die Leitung der Nährgase.

Es wurde wiederholt hervorgehoben, daß in den meisten größern Pflanzen eine Teilung der Arbeit stattfindet und zwar in der Weise, daß ein Teil der Zellen die Aufnahme des Wassers und der Nährsalze, ein andrer die Aufnahme der Nährgase, wieder ein andrer die Leitung und Zuführung der flüssigen und gasförmigen Nahrung zu den Stellen des Verbrauches besorgt.

Wie die dem Boden entzogenen wässerigen Nährsalzlösungen dem grünen Gewebe zugeführt werden, welche Vorrichtungen hierbei ins Spiel treten, und welche Erscheinungen des Pflanzenlebens mit dieser Zuleitung im Zusammenhange stehen, wurde, soweit als thunlich, im vorhergehenden erörtert, und es erübrigt nun noch, die Leitung der gasförmigen Nahrungsmittel zu besprechen. Dieselbe ist bei weitem einfacher als die Zuführung der Nährsalzlösungen. Die wichtigsten Nährgase, um die es sich handelt, sind Kohlensäure und Salpetersäure. Die Kohlensäure wird dem grünen Gewebe stets durch Vermittelung von Wasser zugeführt. Auf kürzestem Wege bei den Wasserpflanzen, deren mit grünem Chlorophyll ausgestattete, kohlensäurebedürftige Protoplasten nur durch eine dünne Zellhaut von dem umspülenden Wasser getrennt sind, welches Wasser immer, wenn auch nur äußerst geringe Mengen Kohlensäure enthält. Unter dem Einflusse des Sonnenlichtes bilden die grünen Zellgruppen der Wasserpflanzen ein Anziehungszentrum

für die Kohlensäure; es wird diese mit großer Energie aus dem umgebenden Wasser angesaugt, geht mit Leichtigkeit durch die Zellwand hindurch und kommt so direkt in den Bereich der mit Chlorophyll ausgestatteten Protoplasten, also an jenen Ort, wo ihre Spaltung erfolgt. Die von Wasser umspülten grünen Zellen der Wasserpflanzen sind demnach zugleich Saugapparate und Zerlegungsapparate für die Kohlensäure, und es bedarf hier in der Regel keiner weitern Vermittelung und keiner besondern Leitung durch andre Zellen.

Bei den Steinpflanzen verhält es sich ähnlich. Nur tritt der merkwürdige Umstand ein, daß sie nur zeitweilig thätig sind, nämlich nur dann, wenn sie von Regen, Tau und Nebel genügend befeuchtet und gewissermaßen durch die atmosphärischen Niederschläge auf einige Zeit unter Wasser gesetzt werden. In trockner Luft wird ihre Lebensthätigkeit sistiert, sie kleben dann als dürre Rasen und trockne Schorfe wie tot an den Felsen. Sobald sie genetzt werden oder in die Lage kommen, Feuchtigkeit aus der Luft zu kondensieren, erwachen sie zu neuem Leben und saugen dann das atmosphärische Wasser, welches immer geringe Mengen von Kohlensäure und auch Spuren von Salpetersäure enthält, mit großer Begierde an sich. Bei den felsenbewohnenden Laubmoosen sind diejenigen Zellen, in welche atmosphärisches, kohlensäurehaltiges Wasser durch Saugung aufgenommen wird, zugleich auch diejenigen, in welchen die Zerlegung der Kohlensäure erfolgt. Diese Moose verhalten sich demnach ganz so wie Wasserpflanzen, und es ist wohl nicht überflüssig, hier nochmals auf die schon früher einmal erwähnte interessante Thatsache hinzuweisen, daß es Laubmoose gibt, welche zeitlebens unter Wasser vegetieren und sich dort als echte Wasserpflanzen benehmen, ebensogut aber auch auf Felsen fortkommen, wo sie wochenlang ausgetrocknet verharren und nur dann ihre Thätigkeit wieder aufnehmen, wenn sie von atmosphärischen Niederschlägen genetzt werden. Es ist anzunehmen, daß solche feuchte, mit Wasser getränkte Laubmoose die Fähigkeit haben, das Kohlendioxyd aus der sie umspülenden Atmosphäre einzusaugen. Bei dem Durchgange durch die mit Wasser getränkte Zellhaut wird das Kohlendioxyd zu Kohlensäure. Zu dem in der betreffenden Zelle thätigen Protoplasten kommt wohl nur in Wasser gelöste Kohlensäure. Bei den Flechten gelangt die Kohlensäure gleichfalls im Wasser gelöst zu den mit Chlorophyll ausgestatteten Protoplasten; da aber bei den meisten Flechten die grünen Zellen nicht unmittelbar an die Atmosphäre grenzen, sondern durch eine Schicht aus Hyphenfäden von dieser geschieden sind, so findet hier die Zuleitung zu den grünen Zellen durch Vermittelung der chlorophyllosen Hyphenschicht statt.

Auch bei den Erdpflanzen grenzen die von chlorophyllführenden Protoplasten bewohnten Zellen nur selten unmittelbar an die Atmosphäre. In der Regel ist das grüne Gewebe mit einem förmlichen Wassermantel umgeben. Der Zellenleib in jeder Hautzelle enthält nämlich reichlich wässerige Flüssigkeit, oder mit andern Worten, in den ausgewachsenen Hautzellen bilden die Protoplasten nur dünne, chlorophyllose, durch zarte Stränge verbundene Wandbelege, während ihre großen Leibeshöhlen mit Wasser erfüllt sind. Diese Hautzellen schließen sich dicht aneinander und sind an der obern Seite der Blätter nur selten von Spaltöffnungen unterbrochen. Meistens bildet auch die Haut an der obern Seite des Blattes eine dem grünen Palissadengewebe unmittelbar auflagernde Schicht aus Zellen mit wasserhellem Inhalte, und wenn das Kohlendioxyd der Atmosphäre von dieser Seite her zu dem grünen Palissadengewebe gelangen soll, so muß es zunächst diese wasserreiche Zellschicht der Haut passieren, wird dabei zu Kohlensäure und gelangt aus dem Wirkungskreise der Hautzellen nicht gasförmig, sondern in Wasser gelöst zu den darunterliegenden grünen Zellen des Palissadengewebes. Wenn das grüne Palissadengewebe unter dem Einflusse des Sonnenlichtes die Kohlensäure zur Erzeugung organischen Stoffes verbraucht, so wird es dadurch für die Dauer der Beleuchtung zu einem Anziehungszentrum für

Kohlensäure. Zunächst wird der kohlensäurehaltige Inhalt der unmittelbar angrenzenden Hautzellen begierig aufgenommen, und mittelbar wird auch Kohlendioxyd aus der umspülenden Atmosphäre angezogen und veranlaßt, in die Hautzellen einzudringen. Diesem Eindringen setzt die Zellhaut keinen besondern Widerstand entgegen. Es ist nachgewiesen, daß gerade Kohlensäure, beziehentlich Kohlendioxyd am leichtesten die Zellhaut passiert. Nach alledem ist es wohl gestattet, sich vorzustellen, daß der atmosphärischen Luft der geringe Gemengteil Kohlendioxyd durch das grün beleuchtete Gewebe der Blätter und Stengel entzogen wird, daß das Kohlendioxyd den grünen Blättern und Stengeln lebhaft zuströmt, in die Hautzellen eindringt, zu Kohlensäure wird und durch Vermittelung des wässerigen Inhaltes der Hautzellen in das grüne Gewebe gelangt.

Neben den im vorhergehenden ausführlicher erörterten Aufgaben hat demnach die Haut auch die Leitung der Kohlensäure zu den Stellen des Verbrauches, zu dem grünen Gewebe, zu vermitteln.

Im Einklange mit den klimatischen und andern örtlichen Verhältnissen und entsprechend der Individualität der einzelnen Arten ist bekanntlich die Haut unendlich mannigfaltig ausgebildet. Diese Mannigfaltigkeit der Ausbildung bezieht sich aber vorwaltend nur auf die Rolle, welche sie als schützende Umhüllung, als Festigungsmittel und dergleichen spielt; als Leitungsapparat der Kohlensäure, beziehentlich als Wassermantel oder äußeres Wassergewebe zeigt sie verhältnismäßig geringe Verschiedenheiten. An immergrünen Pflanzen, welche an feuchtwarmen Orten wachsen, wo die Transpiration beschränkt ist, und wo das Bodenwasser vielfach durch den Wurzeldruck zu den transpirierenden großen Flachblättern geleitet wird, wie namentlich an den tropischen Bananen, Palmen, Mangroven, Feigen, Pfefferarten, findet man die wasserreichen Zellen, welche über dem grünen Palissadengewebe liegen, immer in mehrere Schichten geordnet. Auch bei allen denjenigen Gewächsen, deren äußerste an die Luft angrenzende Zellen sehr verdickte Wandungen und infolgedessen einen beschränkten Innenraum haben, wie z. B. an dem die Bachufer besäumenden Oleander (s. Fig. 3 auf S. 285) und der in den neuholländischen Gebüschdickichten heimischen Proteacee Dryandra floribunda (s. Abbildung auf S. 274), findet man den Wassermantel aus einer doppelten Lage von Zellen gebildet. Dort, wo das grüne Gewebe von Gefäßbündeln und chlorophyllosen, derben Zellgruppen unterbrochen ist, erscheint auch die wasserreiche Hautschicht unterbrochen, und es reicht dieselbe überhaupt nur so weit, als Palissadenzellen entwickelt sind. In den Blättern der Gräser bilden die wasserreichen, farblosen Zellen Reihen, welche dem grünen Palissadengewebe aufgelagert sind oder dieses Gewebe in einen förmlichen Mantel einhüllen.

Der Bedarf des grünen Gewebes an Kohlensäure richtet sich nach dem Verbrauche bei der Erzeugung organischer Substanz. Der Verbrauch ist aber am größten zur Zeit der kräftigsten Beleuchtung und ausgiebigsten Erwärmung des grünen Gewebes, und er fällt daher auch mit der stärksten Transpiration zusammen. In solcher Zeit wird von den werkthätigen Protoplasten im grünen Gewebe den über ihnen liegenden Hautzellen mit größter Energie der kohlensäurehaltige wässerige Saft entzogen, manchmal so ausgiebig, daß ein rascher Ersatz gar nicht möglich ist. Dadurch aber verlieren die Hautzellen ihren Turgor, sie sinken zusammen, und die bisher pralle Haut macht den Eindruck der Erschlaffung. Damit dieses Zusammensinken ohne Nachteil erfolgen kann, ist folgende Einrichtung getroffen. Die Seitenwände derjenigen Zellen, welche die Haut, beziehentlich das äußere Wassergewebe bilden, sind zart, dünn und biegsam, und wenn sie einen Teil ihres Saftes abgeben, so werden diese Seitenwände in Falten gelegt, ganz ähnlich wie an einem Blasebalge, aus welchem die Luft ausgepreßt wird. Folgt dann nachträglich wieder eine Füllung der Zellen mit Flüssigkeit, so glätten sich auch die Falten wieder aus, wie an einem

Blasebalge, in den Luft eingeströmt ist, und die Zellen haben dann ihre frühere Straffheit wiedergewonnen.

Im Laufe der bisherigen Darstellung wurde immer nur von der Zuleitung der Kohlensäure durch die an wässerigem Zellsafte reichen Hautzellen der obern Blattseite gesprochen. Es ist aber durchaus nicht ausgeschlossen, daß der gleiche Vorgang auch auf der untern Blattseite sich abspielt, zumal dann, wenn das grüne Gewebe nicht in Palissadenzellen und Schwammparenchym geschieden, und wenn die Haut zugleich auf der obern und untern Blattseite mit Spaltöffnungen versehen ist. Da aber gewiß bei 70 Prozent aller belaubten Pflanzen die Anordnung eine solche ist, daß unter der lückenlosen, wasserreichen Haut der Oberseite das Palissadengewebe, unter diesem das Schwammparenchym und unter diesem die mit Spaltöffnungen reichlich durchsetzte Haut der Unterseite folgt, so kann auch für die Mehrzahl der mit grünem Laube geschmückten Pflanzen angenommen werden, daß die Haut der obern Seite vorzüglich die Zuleitung der Kohlensäure zu den Palissadenzellen, die Haut der untern Seite vorzüglich die Transpiration reguliert.

Daß auch durch die Spaltöffnungen Kohlensäure zu dem grünen Gewebe Eingang findet, ist wenig wahrscheinlich. Zur Zeit, wann der Bedarf an Kohlensäure im grünen Gewebe am größten ist, muß auch eine genügende Menge von Nährsalzen an die grünen Zellen abgeliefert werden, und das Wasser, welches den Transport der Nährsalze vom Boden her zu den kleinen chemischen Laboratorien, als welche die Palissadenzellen anzusehen sind, besorgte, wird durch die Spaltöffnungen in Dampfform rasch entfernt. Während aber Wasserdampf aus den Spaltöffnungen ausströmt, kann wohl nicht gleichzeitig durch dieselben Spaltöffnungen auch das Kohlendioxyd der atmosphärischen Luft einströmen, und man kann daraus folgern, daß, wenn überhaupt eine Aufnahme dieses Gases durch die Spaltöffnungen stattfindet, dies doch nur ausnahmsweise geschieht.

Was die Füllung der Hautzellen mit Wasser und Kohlensäure anbelangt, so wäre hier nochmals darauf hinzuweisen, daß für nicht wenige Pflanzen die Aufnahme von Regen und Tau durch die Laubblätter direkt nachgewiesen ist (s. S. 209). Da Regen und Tau immer geringe Mengen von Kohlensäure und auch Spuren von Salpetersäure enthalten, so ist diese Art der Füllung der Hautzellen um so weniger zu unterschätzen. An sehr vielen grünen Laubblättern ist die den Palissadenzellen auflagernde lückenlose Haut vom Wasser netzbar, die gegenüberliegende, an Spaltöffnungen reiche Haut dagegen infolge der verschiedensten Einrichtungen nicht netzbar, und es ist sehr wahrscheinlich, daß in solchen Fällen mit der ganzen netzbaren Haut der obern Blattseite Regen- und Tauwasser aufgenommen wird, insbesondere dann, wenn diese Hautzellen kurz vorher einen Teil ihres Inhaltes an das grüne Gewebe abgegeben hatten und etwas zusammengesunken waren. In vielen Fällen muß aus der Form und gegenseitigen Lagerung geschlossen werden, daß die Füllung der Hautzellen nur mit dem von den Wurzeln heraufgekommenen wässerigen Safte erfolgt und zwar nur durch Vermittelung des grünen Palissadengewebes, also desselben Gewebes, welches gelegentlich selbst wieder wässerige Flüssigkeit von den Hautzellen bekommt. Man könnte sich diese periodisch wechselnde Abgabe und Aufnahme so erklären, daß das vom Boden heraufgekommene Wasser zeitweilig, wenn nämlich gerade keine Kohlensäure verbraucht wird, von dem Palissadengewebe an die Hautzellen abgegeben wird, damit es dort Kohlendioxyd aus der atmosphärischen Luft anzieht und in Kohlensäure verwandelt. Ist das geschehen, und stellt sich in dem Palissadengewebe ein Bedürfnis nach Kohlensäure ein, so nimmt dieses Gewebe das früher abgegebene Wasser, allerdings jetzt mitsamt der absorbierten Kohlensäure, zurück.

IV. Bildung organischer Stoffe aus der aufgenommenen unorganischen Nahrung.

1. Das Chlorophyll und die Chlorophyllkörper.

Inhalt: Die Chlorophyllkörper und die Sonnenstrahlen. — Die Chlorophyllkörper und die grünen Gewebe unter dem Einflusse verschiedener Lichtstärke.

Die Chlorophyllkörper und die Sonnenstrahlen.

In dem vorhergehenden Abschnitte dieses Buches wurde geschildert, wie alles, was den Pflanzen als Nahrung dient, zu dem grünen Gewebe geleitet wird. Nährsalze, Nährgase und Wasser gelangen durch die mannigfachsten Einrichtungen zu den gleichen Zielpunkten, zu den grünen Zellen als denjenigen Stätten, wo das Rohmaterial verarbeitet und aus demselben organische Substanz zubereitet, zu den Orten des Bedarfes, wo das Material zum Weiterbaue und Ausbaue, zur Verjüngung, Vervielfältigung und Fortpflanzung der betreffenden Pflanze erzeugt werden soll. Die Frage, wie die lebendige Pflanze in ihren grünen Zellen aus zuströmenden Rohstoffen, zumal aus dem rohen Nahrungssafte und aus der Kohlensäure, organische Substanz erzeugt, soll nun in den folgenden Zeilen erörtert werden.

Zunächst ist daran zu erinnern, daß die Neubildung organischer Stoffe immer mit Zersetzung der aufgenommenen Kohlensäure beginnt. Diese Zersetzung aber wird nur von jenen Protoplasten ausgeführt, in deren Leib Chlorophyllkörper eingeschlossen sind. Nur mit Hilfe dieser Gebilde vermögen die betreffenden Protoplasten die angedeutete Arbeit zu leisten, und die Chlorophyllkörper sind demnach eigentlich die Organe, auf welche es vor allem andern ankommt. Sie sind es, in welchen sich jene merkwürdigen Vorgänge abspielen, auf denen die Erneuerung und in letzter Linie der Bestand aller Lebewesen beruht, und die Kenntnis dieser Organe muß daher auch allen weitern Erörterungen vorausgehen.

In anbetracht ihrer großartigen Leistungen erscheinen die Chlorophyllkörper ziemlich einfach gebaut. Möglich, daß spätere Untersuchungen mit Instrumenten und Beobachtungsmethoden, die vollkommener sind als jene, die heute zur Verfügung stehen, genauere Aufschlüsse über ihren feinern Bau und insbesondere über die Verschiedenheit des Protoplasmas, dem sie eingelagert sind, liefern werden; vorläufig ist nur so viel bekannt, daß die Grundmasse der Chlorophyllkörper in ihrem Aufbaue und ihrer Zusammensetzung von dem einhüllenden Protoplasma wenig abweicht. Wie jeder abgegrenzte Protoplasmakörper, zeigt auch der Chlorophyllkörper eine hautartige dichtere Außenschicht; das Innere

wird dagegen gebildet aus einer porösen Masse von netzartig oder gerüstartig verbundenen Strängen und wird am besten mit einem Badeschwamme verglichen. Die Lücken und Maschen dieser schwammigen, farblosen Grundsubstanz bergen einen grünen Farbstoff, der in einer ölartigen Masse gelöst ist und als Wandbeleg die unendlich kleinen Räume auskleidet. Dieser grüne Farbstoff der Chlorophyllkörper, welchen man Chlorophyll genannt hat, ist in Alkohol, Äther und Chloroform leicht löslich. Wenn man grüne Blätter in eine alkoholische Flüssigkeit versenkt, so werden sie in kurzer Zeit gebleicht, und es geht der Farbstoff ganz in die Flüssigkeit über. Diese nimmt auch die schöne grüne Farbe an, welche die Blätter früher besessen hatten, und man sieht nun die früher grünen Blätter farblos im grün gewordenen Alkohol schwimmen. Im durchfallenden Lichte ist die Lösung, wie gesagt, schön grün; betrachtet man sie dagegen in auffallendem Sonnenlichte, so erscheint sie blutrot, und es zeigt der Farbstoff demnach eine ausgezeichnete Fluoreszenz. Wenn man dem grün gefärbten Alkohol fettes Öl zusetzt und nun die Flüssigkeit schüttelt, so geht die grüne Farbe in dieses Zusatzmittel über, während im Alkohol ein gelber Stoff, den man Xanthophyll genannt hat, zurückbleibt. Über die chemische Zusammensetzung des Chlorophylls herrscht noch nicht die wünschenswerte Klarheit. Es wird angegeben, daß es gelungen sei, das Chlorophyll in kristallisierter Form darzustellen. Die gewonnenen Kristalle bilden grüne, durchscheinende Rhomboeder, welche, dem Lichte ausgesetzt, wieder langsam zerfallen. Dieses Chlorophyll verhält sich wie eine schwache Säure, ist, entgegen einer frühern Annahme, frei von Eisen, hinterläßt aber doch nahezu 2 Prozent Asche, welche aus Alkalien, Magnesia, etwas Kalk, Phosphorsäure und Schwefelsäure besteht. Der Umstand, daß der Herstellung dieser Kristalle eine Reihe von lange dauernden Operationen vorhergehen mußte, zusammengehalten mit der Thatsache, daß das Chlorophyll ungemein empfindlich und leicht zersetzbar ist, läßt immerhin noch dem Gedanken Raum, daß die erwähnten Kristalle nur einem Zersetzungsprodukte und nicht jenem Chlorophyll angehören, welches die Chlorophyllkörper in den lebendigen Zellen färbt. Früher wurde auch angenommen, daß das Chlorophyll aus zwei Farbstoffen, nämlich einem blauen und einem gelben, gemengt sei, bis spätere Untersuchungen erwiesen, daß diese Annahme unbegründet sei, und daß man sich durch einen Zersetzungsprozeß des Chlorophylls hatte täuschen lassen. Es wurde für das Chlorophyll auch ein eigentümliches Absorptionsspektrum ermittelt, welches insbesondere in allen jenen Fällen von Wert ist, wo es sich darum handelt, das Vorhandensein dieses Farbstoffes in sehr geringen Mengen in irgend einem Pflanzenteile nachzuweisen. Es genügt in dieser Beziehung, zu erwähnen, daß aus diesem Spektrum das gesamte Violett und Blau und auch die ultravioletten Strahlen geschwunden sind, und daß dasselbe sieben eigentümlich verteilte Absorptionsstreifen zeigt. Noch mag hier bemerkt werden, daß infolge der Behandlung des Chlorophylls mit Salzsäure winzige Kristalle entstehen, welche man Hypochlorin genannt hat. Alle diese Untersuchungsresultate bringen übrigens nur wenig Klarheit über die Rolle, welche das Chlorophyll bei jenen Vorgängen zu spielen hat, die mit Zersetzung der aufgenommenen Kohlensäure in den Chlorophyllkörpern beginnen.

Der Masse nach bildet das Chlorophyll stets nur einen äußerst geringen Bruchteil des von ihm grün gefärbten Körpers, und wenn man dasselbe durch Zusatz von Alkohol auszieht, so wird dadurch nur die Farbe, nicht aber auch die Größe des betreffenden Chlorophyllkörpers geändert.

Die Chlorophyllkörper erscheinen von ihrem Entstehen bis zu ihrem Vergehen von Protoplasma rings umschlossen. Wenn das Protoplasma wandständig ist, oder mit andern Worten, wenn die Leibeshöhle des Protoplasten groß und mit wässerigem Zellsafte erfüllt ist und das Plasma, welches den Saftraum sackförmig umschließt, nur eine tapetenförmige

Auskleidung der Zellkammer darstellt, so sind die Chlorophyllkörper regelmäßig in die Mittelschicht des wandständigen Plasmas eingelagert, so zwar, daß sie von der safterfüllten Leibeshöhle ebenso wie von der Wand der Zellkammer durch eine Schicht farblosen Protoplasmas geschieden sind. Ähnlich verhält es sich, wenn die Chlorophyllkörper in den quer durch den Zellenraum gespannten Plasmasträngen eingebettet sind (s. Abbildung auf S. 24, Fig. 2 und 3). Manchmal ragen die Chlorophyllkörper warzenförmig vor und verleihen dann den Plasmasträngen ein knotiges Ansehen; aber auch dann sind sie noch immer mit einer dünnen, farblosen Schicht des Protoplasmas überzogen.

Trotz dieser engen Verbindung erscheinen die Chlorophyllkörper doch zu allen Zeiten scharf abgegrenzt und zeigen auch in ihrer ganzen Entwickelung eine gewisse Unabhängigkeit von dem Protoplasten, als dessen Eingeweide man sie füglich auffassen kann. Sie vergrößern sich, teilen und vermehren sich und ändern im Laufe ihres Lebens mitunter auch ihre Gestalt. Was diese letztere anbelangt, so herrscht in den grünen Geweben der Stengel und Blätter von Samenpflanzen nur eine geringe Verschiedenheit. Fast immer erscheinen dort die Chlorophyllkörper als rundliche oder unregelmäßig eckige, teilweise auch linsenförmige oder von mehreren Seiten her zusammengedrückte Körner. Eine weit größere Mannigfaltigkeit beobachtet man an jenen grünen, im Wasser lebenden Sporenpflanzen, welche unter dem Namen Algen zusammengefaßt werden. In den Zellen der grünen Fäden von Zygnema, welche in Fig. m der Tafel bei S. 22[1] dargestellt sind, erscheinen die Chlorophyllkörper sternförmig und zwar so, daß in jeder Zellkammer gewöhnlich zwei Sterne übereinander liegen, in den Arten der Gattung Spirogyra (s. Fig. l) stellen sie schraubig gewundene, meist knotige Bänder dar und zwar bei den meisten Arten dieser Gattung in jeder Zelle nur ein Band, bei einigen aber auch zwei Bänder, welche sich mit ihren Schraubenzügen kreuzen, wodurch gewöhnlich sehr zierliche Bilder unter dem Mikroskope zu stande kommen. In den einzelligen Penium-Arten (s. Fig. k) bilden die Chlorophyllkörper Platten oder Leisten, welche, von der Längsachse der Zelle ausgehend, nach allen Richtungen gegen die Zellwand vorspringen. Bei Mesocarpus erscheint eine einzige grüne Platte eingelagert, welche den Raum der Zellkammer in zwei nahezu gleiche Hälften teilt; Oedogonium zeigt gitterförmig durchbrochene Platten; die Arten der Gattung Ulva haben plattenförmige Chlorophyllkörper, welche der Wand anliegen; an Podosira sieht man in den Zellen scheibenförmige, mannigfach ausgebuchtete Chlorophyllkörper, und bei dem Lebermoose Anthoceras bildet der Chlorophyllkörper eine Hohlkugel, welche den Zellkern umschließt.

Die Zahl der Chlorophyllkörper im Protoplasma je einer Zelle wechselt von einem bis zu mehreren Hunderten. In den Zellen der zu den Bärlappen gehörigen Selaginellen beobachtet man gewöhnlich nur 2—4, in jenen des später noch ausführlicher zu besprechenden Leuchtmooses (Schistostega osmundacea) 4—12 (s. Fig. p). Die grünen Zellen der meisten belaubten Blütenpflanzen umschließen 20—100, manche selbst bis 200. In den Zellen der Vaucheria (s. Fig. a—d) ist das Protoplasma so reichlich mit dicht gedrängten, kleinen, grünen Körnchen erfüllt, daß man meinen könnte, es sei der ganze Zellenleib nur ein einziger Chlorophyllkörper. Laubblätter, in welchen sich eine deutliche Scheidung von Palissaden- und Schwammparenchym vollzogen hat, zeigen in den Zellen des erstern Gewebes immer viel mehr Chlorophyllkörper als in jenen des letztern (s. Fig. r). Sorgfältige Zählungen haben ergeben, daß die Palissadenzellen gewöhnlich drei- bis viermal, mitunter sogar sechsmal soviel Chlorophyllkörner umschließen als die angrenzenden Zellen

---

[1] Die Figuren, auf welche im nachfolgenden Texte hingewiesen wird, finden sich sämtlich auf der Tafel bei S. 22: „Schwärmsporen und Jochsporen. Formen des Blattgrüns“.

des Schwammparenchyms. Sind der Chlorophyllkörner in einer Zelle so viele, daß durch sie die ganze Innenwand der Zellkammer tapeziert werden kann, so lagern und verteilen sich dieselben auch sehr gleichmäßig in der angedeuteten Weise, und es erscheinen solche Zellen gleichmäßig grün. Es macht dann den Eindruck, als ob die ganze Zellkammer mit Chlorophyllkörnern vollgepfropft wäre, was aber in Wirklichkeit nicht der Fall ist. Die mit Zellsaft erfüllte Leibeshöhle des Protoplasten enthält niemals auch nur ein einziges Chlorophyllkorn.

Die im wandständigen Protoplasma eingebetteten Chlorophyllkörner können übrigens die merkwürdigsten Verschiebungen erfahren, worauf alsbald die Rede kommen wird.

In betreff der Form zeigen jene Zellkammern, in welchen Protoplasten mit Chlorophyllkörpern thätig sind, die weitgehendsten Verschiedenheiten. Zumal in der Gruppe der im Wasser lebenden Desmidiaceen sind alle nur erdenklichen Zellformen vertreten: stabförmige, walzige (s. Fig. k), halbmondförmige (s. Fig. i), tafelförmige, sternförmige, tetraedrische und noch zahlreiche andre, für welche einen kurzen zutreffenden Namen anzugeben schwer halten würde. Die dem freien Auge als grüne Fäden sich darstellenden Algen sind aus Zellen aufgebaut, welche vorwaltend schlauchförmig und cylindrisch (s. Fig. a, b und l, m) gestaltet sind. In den Flechten und Nostochineen herrschen sphärische, in den Laub- und Lebermoosen fünf- und sechseckige, zu Geweben verbundene Zellen vor.

Wie schon im frühern Abschnitte erwähnt, ist das grüne Gewebe im Laube der Samenpflanzen in der Mehrzahl der Fälle aus zweierlei Zellformen gebildet, aus armförmigen Zellen, welche das Schwammparenchym, und aus cylindrischen Zellen, welche das Palissadengewebe bilden (s. Fig. r). Diese letztern sind manchmal kurz, so daß der Längendurchmesser den Querdurchmesser nicht viel übertrifft, gewöhnlich aber sind sie fünf- bis sechsmal, ja mitunter selbst zehn- bis zwölfmal so lang wie breit. Bei den Zwiebelpflanzen erscheinen diese palissadenförmigen Zellen parallel zur Blattoberfläche gelagert, bei der Mehrzahl der Samenpflanzen aber stehen sie senkrecht zur Oberfläche des Laubblattes, wie das an dem Durchschnitte eines Passiflorenblattes in Fig. r zu sehen ist. Eine sehr eigentümliche Gestalt zeigen die grünen, unter der Haut liegenden Zellen bei den Kiefern und verschiedenen andern Nadelhölzern. Ihrem Umrisse nach erscheinen sie eckig, tafelförmig und schließen lückenlos aneinander. Von den zur Oberfläche des Blattes parallelen Wänden jeder Zellkammer springen aber Leisten in den Innenraum vor, durch welche jede Kammer in mehrere gewöhnlich gleich große Nischen geteilt wird. Eine solche Zellkammer erinnert dann an jene Pferdeställe, in welchen die Stände der einzelnen Tiere durch Bretterwände getrennt sind. Immer findet man die vorspringenden Leisten so orientiert, daß die ganze Zellkammer einer Gruppe von Palissadenzellen ähnlich sieht, deren trennende seitliche Scheidewände eine Unterbrechung erfahren haben. Diese Zellen, welche, wie gesagt, an zahlreichen Nadelhölzern, aber auch an Gräsern und vielen Ranunkulaceen, namentlich an dem Eisenhute (Aconitum), der Päonie (Paeonia) und der Dotterblume (Caltha), gefunden werden, vergrößern die innere Oberfläche der Kammer, was insofern ein Vorteil zu sein scheint, als dadurch weit mehr wandständige Chlorophyllkörner Platz finden als in einer einzelnen Zelle von gleich großem Umfange, der solche einspringende Leisten fehlen.

Es ist durch sehr genaue Untersuchungen nachgewiesen, daß die Menge der in einer Zelle durch Zersetzung der Kohlensäure gebildeten organischen Substanz desto größer wird, je größer die Zahl der Chlorophyllkörner ist, vorausgesetzt, daß alle diese Organe im Leibe der betreffenden Protoplasten so gelagert sind, daß sie ihre Funktion ausführen können. Ein Haufwerk aus Chlorophyllkörpern, welches regellos die Zellen erfüllt, würde diesem Zwecke wenig entsprechen; es sollen vielmehr die kleinen, grünen Organe, die wir Chlorophyllkörper nennen, so geordnet sein, daß keins dem andern das Licht wegnimmt, und das ist, zumal in einem mehrstöckigen, aus zahlreichen Zellkammern

zusammengesetzten Pflanzengebäude, am ehesten möglich, wenn die Chlorophyllkörner wie die Steine eines Mosaiks nebeneinander gruppiert sind und in dieser Anordnung den Wänden der Zellkammer anliegen. Wenn dann überdies durch einzelne Wandstücke, wie durch Fenster, das Licht in die Zellkammern unbehindert einfällt, so werden alle daselbst befindlichen Chlorophyllkörper nahezu gleich beleuchtet und durchleuchtet werden können. Je größer der Umfang der Wandflächen ist, desto mehr Chlorophyllkörper haben an denselben Platz, und desto ausgiebiger wird in solchen Zellen die Zersetzung der Kohlensäure durchgeführt werden können. Für solche grüne, mehrzellige Gewebe, deren wichtigste Funktion in der Zersetzung der Kohlensäure und in der Bildung organischer Substanz besteht, ist daher die wandständige Gruppierung der Chlorophyllkörner, die oben erwähnte Einfaltung der innern Oberfläche der Zellkammern, überhaupt jede Vergrößerung der mit Chlorophyll belegten Innenflächen der Zellwände bei möglichster Ausnutzung des Raumes die vorteilhafteste Einrichtung.

Wenn man von dem Grün der Pflanzen spricht, so denkt man dabei zunächst an die Laubblätter, an welchen die genannte Farbe besonders auffallend hervortritt. Auch der Name Chlorophyll, den man mit Blattgrün übersetzt, könnte zu der Ansicht führen, daß die mit Chlorophyll ausgestatteten Zellen und Gewebe nur in den Blättern zu finden sind, was dem wirklichen Sachverhalte aber durchaus nicht entsprechen würde. Jene Pflanzen, welche eine Gliederung in Stengel und Blätter nicht zeigen, insbesondere die vielerlei grünen Wasserpflanzen, welche unter dem Namen Algen zusammengefaßt werden, sind überhaupt nur aus chlorophyllhaltigen Zellen aufgebaut; in jenen Ernährungsgenossenschaften, welche man Flechten nennt, ist einer der Genossen ohne, der andre mit Chlorophyll ausgestattet.

Wenn deutliche Stengel und Laubblätter ausgebildet sind, so entbehrt ein Teil des Gewebes des Chlorophylls, während der andre Teil bald mehr, bald weniger chlorophyllreich ist. Man findet chlorophyllhaltige Gewebe in allen Gliedern dieser Stengelpflanzen; in Wurzeln, in Stengeln, im Laube, in den Blumenblättern, in den Früchten und Samen. An den tropischen Orchideen erscheinen die Luftwurzeln in trocknem Zustande weiß und scheinbar ganz chlorophyllos, im feuchten Zustande aber tritt die grüne Farbe derselben hervor, weil dann, wenn die äußerste poröse Hülle sich mit Wasser füllt und die Zellen derselben durchsichtig werden, das Grün der unter ihnen liegenden grünen Gewebeschicht durchschimmert. Es gibt sogar Orchideen, wie z. B. Angraecum globulosum, funale und Sallei, welche im nicht blühenden Zustande gar kein andres grünes Gewebe als jenes in den Luftwurzeln haben, und bei welchen nicht nur die Aufnahme der Nährstoffe, sondern auch die Verarbeitung der aufgenommenen Nahrung, zumal die Zersetzung der Kohlensäure und die Bildung organischer Substanz, durch Vermittelung des grünen Gewebes in den Luftwurzeln stattfindet. Weit häufiger als in Wurzeln trifft man grünes Gewebe in Stengelbildungen. Hunderte von Binsen, Simsen, Cypergräsern und Schachtelhalmen sowie die unter den Rutengewächsen aufgeführten Kasuarinaceen und Meerträubelarten, viele Schmetterlingsblütler aus den Gattungen Retama, Genista und Spartium, eine Menge von Salikornien, tropischen Orchideen und Nopalgewächsen, die Wasserlinsen (Lemna) und alle mit Flachsprossen ausgestatteten Gewächse (s. Abbildung, S. 307) enthalten das grüne Gewebe ausschließlich in der Rinde ihrer Stengel und Zweige. Auch die Fruchtknoten und die Früchte, welche noch nicht ihre volle Reife erlangt haben, sind so regelmäßig grün gefärbt, daß der Volksmund grüne Früchte und unreife Früchte als gleichbedeutend nimmt. In Samen ist Chlorophyll seltener beobachtet. Jene Samen, deren Keimling in Achse und Blatt gegliedert ist, zeigen nur selten, so namentlich bei Nadelhölzern, grünes Gewebe in den Samenlappen. Eigentümlich verhalten sich die Samen der Orchideen, namentlich derjenigen, welche als Überpflanzen auf der Borke von Bäumen leben. Dieselben sind außerordentlich klein, bestehen nur aus einer

Gruppe parenchymatischer Zellen, und von der Anlage eines Würzelchens oder eines Samenlappens ist keine Spur zu sehen. Sie erhalten nur sehr kurze Zeit ihre Keimfähigkeit, und es ist für diese Samen, die mit Reservenahrung schlecht versorgt sind, von Wichtigkeit, daß sie sofort nach dem Verlassen der Kapselfrucht selbständig sich mit Nahrung aus der Umgebung versorgen und aus dieser Nahrung organische Substanz bilden. Das können sie natürlich nur mit Hilfe von Chlorophyll erreichen, und es ist interessant, zu sehen, daß sie auch wirklich mit Chlorophyll ausgerüstet sind. Noch zur Zeit, wo sie in der Kapsel der Mutterpflanze eingeschlossen sind, ergrünen diese Samen, und wenn sie dann durch Luftströmungen in irgend eine Ritze an der Rinde eines alten Baumstammes verschlagen werden, vermag das Chlorophyll auch alsogleich zu funktionieren. Nach kurzer Zeit wird auch aus dem grünen Samen ein kleines, grünes Knöllchen, welches sich mit Saugzellen an die Unterlage heftet und sehr allmählich zu einem größern Pflanzenstocke auswächst.

Große Blumen, deren Blätter vom Anfang bis zum Ende der Blütezeit eine grüne Färbung zeigen, gelten als Seltenheit. Dagegen sind kleine, chlorophyllreiche Blumenblätter eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Auch der Wechsel der Blütenfarbe aus Weiß, Rot, Violett und Braun in Grün im Verlaufe der Blütezeit ist mehrfach beobachtet worden und zwar sowohl an kleinen als auch an recht ansehnlichen Blüten. Ein sehr auffallendes hierher gehöriges Beispiel ist die schwarze Nieswurz (Helleborus niger). Wenn ihre Blumen sich öffnen, sind die äußern großen Blätter derselben, welche unterhalb der zu kleinen Honigbehältern umgewandelten Kronenblätter stehen, schneeweiß und heben sich von der dunklern Umgebung deutlich ab. Sie fallen den honigsammelnden Insekten auch von fern in die Augen und werden von diesen gern aufgesucht. Ist durch Vermittelung der honigsaugenden Insekten die Befruchtung eingeleitet, so sind sowohl die kleinen Honigbehälter als auch die großen, blendend weißen äußern Blumenblätter, die man als Kelchblätter bezeichnet, überflüssig. Die Honigbehälter fallen alsbald ab, die großen Kelchblätter aber bleiben und übernehmen eine andre Funktion. In ihren Zellen entwickelt sich reichlich Chlorophyll, die weiße Farbe schwindet, frisches Grün tritt an die Stelle, und dieselben Blumenblätter, welche früher mit ihrer weithin sichtbaren Farbe die Insekten angelockt hatten, funktionieren jetzt als grüne Blätter ganz ähnlich wie Laubblätter. Eine ähnliche Farbenänderung und zwar mit derselben Bedeutung beobachtet man auch an mehreren Orchideen und Liliengewächsen; im ganzen genommen kommt aber ein solcher Funktionswechsel im Bereiche der Blumenblätter nicht sehr häufig vor. Diese flüchtigen Andeutungen mögen zeigen, daß Chlorophyll in allen Gliedern der Pflanzen auftreten kann, wenn es auch richtig ist, daß vorzüglich die Laubblätter das grüne Gewebe enthalten, so daß gewiß von 90 Prozent aller chlorophyllführenden Pflanzenarten die Zersetzung der Kohlensäure durch Laubblätter besorgt wird.

Wenn wir nun nach Schilderung der Anordnung, Form und Verbreitung der Chlorophyllkörper auch etwas darüber erfahren wollen, wie denn eigentlich durch Vermittelung dieser Gebilde organische Substanz in den Zellkammern gebildet wird, so befinden wir uns in der Lage eines Wißbegierigen, welcher ohne Führer ein chemisches Laboratorium betritt und sich unterrichten will, in welcher Weise dort irgend ein Stoff, beispielsweise ein Farbstoff, erzeugt wird. Er bemerkt darin Apparate aufgestellt, sieht die notwendigen Rohmaterialien angehäuft und findet auch das fertige Produkt. Ist die Fabrikation gerade im Gange, so kann er auch beobachten, ob Wärme oder Kälte, großer oder geringer Druck als treibende Kräfte in Anwendung gebracht werden, und er kann, wenn er mit den bei der Herstellung solcher Farbstoffe notwendigen Manipulationen vertraut ist, den Zusammenhang im großen und ganzen erraten. Im einzelnen wird ihm freilich so manches unverständlich sein oder ganz unbekannt bleiben. Namentlich in Beziehung auf die Menge

der verwendeten Rohstoffe und in betreff der treibenden Kräfte wird seine Erkenntnis eine lückenhafte bleiben.

So ergeht es uns auch, wenn wir die Vorgänge in den Zellkammern belauschen wollen, in welchen die Chlorophyllkörper ihre Thätigkeit entfalten. Wir sehen den thätigen Apparat, wir kennen die zur Verarbeitung herbeigeschafften Nährgase und Nährsalze, wir wissen, daß die Sonnenstrahlen als treibende Kräfte ins Spiel kommen, und wir kennen auch die Produkte, welche in den Chlorophyllkörpern fertig gestellt werden. Infolge sorgfältiger Vergleiche verschiedener chlorophyllhaltiger Zellen, auf Grund von Beobachtungen, welche feststellen, wann die Erzeugung organischer Substanz am besten und wann sie am schlechtesten gelingt, und auf Grund der Erfahrung, daß unter gewissen äußern Verhältnissen sogar der ganze Apparat zerstört wird und zu Grunde geht, ist es wohl auch gestattet, auf das Maß der treibenden Kräfte einen Schluß zu wagen. Wie aber die thätigen Kräfte wirken, wie es der Sonnenstrahl zu stande bringt, daß die kleinsten Teilchen der Rohstoffe ihre bisherigen Gruppierungen aufgeben, sich verschieben und durcheinander fahren und kurz darauf in ganz andrer Ordnung in ruhiger Verbindung erscheinen, ist völlig rätselhaft. Sich von diesen Vorgängen eine klare Vorstellung zu machen, ist um so schwieriger, als es sich dabei nicht um eine jener Umlagerungen der kleinsten Teilchen handelt, die man Zersetzung nennt, sondern um einen jener Prozesse, welche als Zusammensetzung, als Synthese, aufgefaßt werden. Zersetzungen und Zerlegungen, selbst der kompliziertesten Verbindungen, in einfachere Kombinationen sind in Hülle und Fülle bekannt, aber nicht so die umgekehrten Fälle. Es wird noch immer als ein glückliches Ereignis gepriesen, wenn es einem Chemiker gelingt, aus den Grundstoffen oder den einfachsten Verbindungen derselben einen jener komplizierter aufgebauten Körper zu stande zu bringen, welcher doch in der Pflanzenzelle mit solcher Leichtigkeit gebildet wird. Wenn man in einer Fabrik Zucker erzeugt, so werden nicht Kohlenstoff und die Elemente des Wassers, welche doch so reichlich zur Verfügung ständen, dazu verwendet, sondern man isoliert dort nur den Zucker, welcher in den kleinen chemischen Laboratorien, den Pflanzenzellen, durch Synthese aus den eben genannten Stoffen gebildet wurde. Es ist eigentlich auch unrichtig, zu sagen, daß in unsern Fabriken Zucker gemacht oder erzeugt wird, und wir sollten nur sagen, daß man dort den von den Pflanzen erzeugten Zucker von den andern Stoffen isoliert und für den weitern Gebrauch zurichtet.

Wenn es nicht möglich ist, die Vorgänge bei der Synthese organischer Stoffe in den Pflanzenzellen in einer über allen Zweifel erhabenen Weise darzustellen, so ist es gerechtfertigt, zu Hypothesen seine Zuflucht zu nehmen. Als eine solche Hypothese aber hat es zu gelten, wenn wir uns die Bewegung, in welche die kleinsten Teilchen der Nährgase und Nährsalze in der Pflanzenzelle durch den Sonnenstrahl versetzt werden, als Übertragung der lebendigen Kraft der Sonne denken. Die kleinsten Teilchen haben sich durch diese Bewegung in neuer Ordnung zusammengefunden, halten und stützen einander, sind zur Ruhe gekommen, und es hat sich ein Zustand gegenseitiger Spannung hergestellt; die lebendige Kraft der Sonne ist zur Spannkraft geworden. Der durch Synthese entstandene, zur Ruhe gekommene organische Stoff ist also mit einem entsprechenden Vorrate von Spannkraft ausgerüstet, welchen man mit einem andern Worte auch als gebundene Wärme bezeichnet. Kommen die kleinsten Teilchen des gebildeten organischen Stoffes durch irgend eine Veranlassung wieder außer Rand und Band, geben sie ihre Verbindung und Anordnung auf, verschieben und reihen sie sich vielleicht in der Weise, daß neuerdings jene Gruppen gebildet werden, welche vorher bestanden hatten, so wird die Spannkraft wieder zur lebendigen Kraft, die gebundene Wärme zur freien Wärme. Wenn wir einen Baumstamm verbrennen, so wird die lebendige Kraft der Sonne, welche bei Bildung des Zellstoffes und

der andern organischen Stoffe des Holzes seiner Zeit in Spannkraft umgesetzt wurde, wieder zur lebendigen Kraft, und wenn wir Steinkohlen verbrennen, so werden die Sonnenstrahlen, welche vor Jahrtausenden die Bildung organischer Pflanzensubstanz veranlaßten und in der Steinkohle gefesselt waren, wieder frei, wärmen unsre Stuben, treiben unsre Maschinen und bewegen unsre Dampfschiffe und Eisenbahnwagen. An dieser Auffassung festhaltend, vermag man sich wenigstens die mechanische Bedeutung der Sonnenstrahlen bei der Bildung organischer Substanz in der Pflanze vorzustellen, und man kann auch kalkulieren, daß die Menge der gebildeten organischen Substanz zu dem Vorrate von Spannkraft in derselben in einem bestimmten, durch Zahlen ausdrückbaren Verhältnisse steht.

Ein Umstand, auf den hier noch ein besonderes Gewicht gelegt werden muß, ist, daß die verschiedenen Strahlen, aus welchen das Sonnenlicht zusammengesetzt ist, die Strahlen mit verschiedener Wellenlänge und Brechbarkeit, welche, zum Teile wenigstens, im Regenbogen unserm Auge als verschiedenfarbige Streifen erscheinen, bei der Bildung organischer Stoffe in den Pflanzenzellen eine sehr verschiedene Rolle spielen. Unter dem Einflusse der blauen und violetten Strahlen, also derjenigen, welche die stärkste Brechbarkeit und kleinste Wellenlänge haben, wird die Oxydation jener organischen Stoffe, die wir Kohlenhydrate nennen, gefördert, also nicht das Entstehen, sondern die Zersetzung und Umsetzung derselben begünstigt. Umgekehrt wirken Rot, Orange und Gelb, also jene Strahlen, welche geringe Brechbarkeit und große Wellenlänge haben. Diese begünstigen die Reduktion der Kohlensäure, fördern die Bildung von Kohlenhydraten aus den Rohstoffen und sind daher bei dem Entstehen solcher organischen Substanzen am meisten beteiligt. Wenn der Sonnenstrahl ein farbloses Glasprisma passiert, so entsteht ein kontinuierliches Spektrum von Violett zu Dunkelblau, Lichtblau, Grün, Gelb, Orange und Rot. Läßt man denselben Sonnenstrahl durch einen durchsichtigen, aber farbigen Körper, gleichgültig ob dieser fest oder flüssig ist, durchgehen, so fallen ganze Farbengruppen dieses Spektrums aus, es zeigen sich an den entsprechenden Stellen dunkle Streifen, und wir sagen dann, das betreffende Licht sei durch den farbigen Körper absorbiert worden. Wenn nun dem Chlorophyll die Eigenschaft zukommt, jene Farben des Spektrums, welche für die Bildung organischer Substanz aus den Rohstoffen nicht vorteilhaft sind, zu absorbieren, so wird diese Rolle des Chlorophylls nicht hoch genug angeschlagen werden können. Nicht zu übersehen ist auch, daß manche Körper die Fähigkeit besitzen, Lichtstrahlen von kleinerer Schwingungsdauer zu absorbieren und dagegen andre Strahlen von größerer Schwingungsdauer auszusenden. Gerade jenen Farbstoffen, welche in den Pflanzen so verbreitet sind, vor allen wieder dem Chlorophyll, kommt diese Eigenschaft, welche man Fluoreszenz nennt, zu, und man muß daher dem Chlorophyll auch die Bedeutung zuerkennen, daß es Lichtstrahlen, die für die Synthese organischer Stoffe nicht vorteilhaft wären, in solche, welche in dieser Richtung die möglichst günstige Wirkung äußern, umwandeln kann. Wenn die fluoreszierenden Farbstoffe der Pflanzen (Chlorophyll, Anthokyan, Phykoerythrin) die violetten und blauen Strahlen in gelbe und rote umwandeln können, so ist vorauszusetzen, daß ihre Wirksamkeit auch noch weiter geht, daß sie nämlich Strahlen von kleiner Wellenlänge und stärkerer Brechbarkeit in die für unser Auge nicht wahrnehmbaren Strahlen jenseit des Rot, welchen sehr kräftige Wärmewirkungen zukommen, zu verwandeln oder, mit andern Worten, daß sie Licht in Wärme umzusetzen im stande sind. Die Bedeutung des Chlorophylls bei der Neubildung organischer Stoffe wäre nach alledem eine dreifache. Erstens ein Zurückhalten oder Auslöschen jener Strahlen, welche das Entstehen der unter dem Namen Kohlenhydrate bekannten Verbindungen verhindern könnten, weiterhin die Umwandlung der Strahlen mit geringer Schwingungsdauer in solche mit großer

Schwingungsdauer, welche auf die Bildung von Zucker und Stärke erfahrungsgemäß am günstigsten wirken, und endlich die Umsetzung des Lichtes in Wärme und zwar in sogenannte geleitete und dann in gebundene Wärme.

Die Chlorophyllkörper und die grünen Gewebe unter dem Einflusse verschiedener Lichtstärke.

Wenn es außer Frage steht, daß nur bei Gegenwart von Chlorophyll aus der aufgenommenen Kohlensäure organische Stoffe gebildet werden können, so ist anderseits ebenso gewiß, daß bei diesen Bildungsvorgängen die Sonne mit ihren Strahlen wirkt und schafft und so als treibende Kraft im Mittelpunkte des ganzen organischen Lebens steht. Die Sonne geht auf, sie geht unter, dem Tage folgt die Nacht, und im Laufe der Nacht ist der eben erwähnte Vorgang, auf welchem der Bestand der Lebewelt beruht, unterbrochen. Aber auch am Tage ist die Kraft der Sonne eine sehr ungleiche. Sie ist anders am Mittage, wenn die Lichtquelle im Zenith steht und die Strahlen scheitelrecht auf die Erde fallen, anders am Abend, wenn das leuchtende Gestirn unter den Horizont hinabsinkt und die letzten Strahlen fast horizontal sich über die Fläche spinnen. Begreiflicherweise ist es für die mit einer gewissen Menge von Chlorophyll ausgestatteten Organe nichts weniger als gleichgültig, wie sie von den Sonnenstrahlen getroffen werden, und welche Menge von lebendiger Kraft in einem gegebenen Zeitabschnitte auf sie übertragen wird. Die verschiedenen Pflanzenarten mögen sehr verschiedene Bedürfnisse nach Sonnenlicht haben, für jede einzelne Art aber bewegt sich der Bedarf an treibender Kraft immer innerhalb sehr enger Grenzen, die ohne Nachteil nicht überschritten werden dürfen. Auch ist ein möglichst gleichmäßiger Zufluß der treibenden Kräfte zu einem erfolgreichen Betriebe unumgänglich nötig. Um nun der Ungleichmäßigkeit des Lichteinflusses an hellen und trüben Tagen und in den verschiedenen Tagesstunden zu begegnen, ist die Einrichtung getroffen, daß sich die grünen Organe nach der Sonne richten können, daß sie, den Tagesstunden und der jeweiligen Kraft der Sonnenstrahlen entsprechend, eine bestimmte Lage einzunehmen und diese Lage mit Leichtigkeit wieder zu ändern im stande sind. Und zwar zeigen diese Fähigkeit, sich dem Lichtbedürfnisse entsprechend einzustellen, sowohl die grünen Chlorophyllkörper innerhalb der Zellkammern als auch die ganzen Zellen und schließlich selbst die grünen Blätter sowie Stengel und Zweige, welche die grünen Blätter tragen.

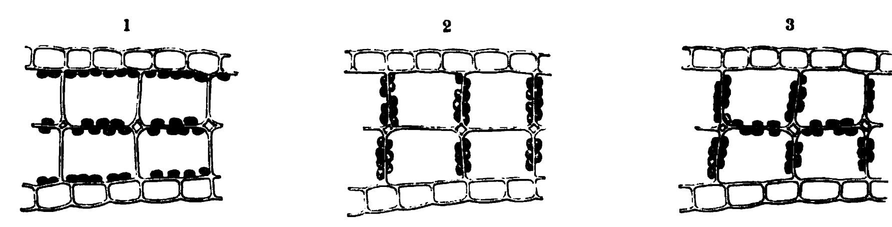
Wenn man ein deutliches Bild von der Einstellung der Chlorophyllkörper zum Sonnenlichte gewinnen will, so muß man sich vorerst gegenwärtig halten, daß diese grünen Organe, mögen sie was immer für eine Gestalt haben, in dem Protoplasma des Zellenleibes eingebettet sind, und daß dieses Protoplasma beweglich und verschiebbar ist, oder mit andern Worten, daß der Protoplast, welcher die grünen Chlorophyllkörper als Eingeweide enthält, sich innerhalb der von ihm bewohnten Zellkammer drehen und wenden und die Chlorophyllkörper bald hierhin, bald dorthin transportieren kann. Ja, noch mehr. Die Chlorophyllkörper können zeitweilig an bestimmten Stellen angehäuft und zusammengebettet, dann wieder auseinander gerückt und gleichmäßig durch den ganzen Zellenleib verteilt werden. In den schlauchförmigen Zellen der Vaucheria clavata, welche auf der Tafel bei S. 22 durch die Mittelfigur dargestellt sind, bildet das Protoplasma an der innern Seite der farblosen, durchsichtigen Zellhaut einen tapetenartigen Beleg und ist so dicht mit rundlichen Chlorophyllkörnern erfüllt, daß die Zellen gleichmäßig dunkelgrün erscheinen.

So ist es aber nur bei nicht zu grellem Lichte. Bei starker Beleuchtung fahren die Chlorophyllkörner auseinander, ordnen sich in getrennte Ballen, und innerhalb kürzester Zeit sieht man dann in jeder schlauchförmigen Zelle dunkelgrüne Flecke und Zonen, welche den geballten Chlorophyllkörnern entsprechen, und helle, unregelmäßige Streifen, die an jenen Stellen entstanden sind, von denen das Chlorophyll weggerückt ist. Nimmt die Lichtstärke wieder ab, so lösen sich die grünen, klumpigen Massen, und die frühere gleichmäßige Verteilung und Färbung stellt sich wieder her. Bei einer andern im Wasser lebenden fadenförmigen, grünen Sporenpflanze aus der Gattung Mesocarpus enthält jede der langen, cylindrischen Zellen einen platten- oder bandförmigen Chlorophyllkörper, der bei schwachem zerstreuten Lichte sich rechtwinkelig gegen die einfallenden Strahlen richtet. Bei dieser Lage ist den Sonnenstrahlen die Breitseite, die größte Fläche des Chlorophyllkörpers, zugewendet, und es wird das einfallende Licht durch denselben möglichst ausgenutzt. Da der bandförmige Chlorophyllkörper gewöhnlich quer durch die ganze Zellkammer ausgespannt ist, erscheint bei der angedeuteten Lage die Zelle gleichmäßig grün gefärbt. Treffen die Sonnenstrahlen unvermittelt auf solche Mesocarpus-Zellen, so beginnt der bandförmige Chlorophyllkörper sich zu drehen und zwar so, daß die Ebene des Bandes mit dem Strahlengange zusammenfällt. Nun ist den Sonnenstrahlen die Schmalseite, die kleinste Fläche des Chlorophyllkörpers, zugewendet, und man sieht von ihm nur einen dunkelgrünen Streifen. Diese Drehung des Chlorophyllkörpers erfolgt ungemein rasch, und man kann dieselbe wiederholt durch Verdunkeln und Aufhellen in den Zellen der Mesocarpus-Fäden hervorrufen.

Auch in Zellen, welche zu Geweben miteinander verbunden sind, kommt diese Verschiebung und Umlagerung der Chlorophyllkörper nicht selten vor. Es war längst aufgefallen, daß im Vorkeime der Farne, in den laubartigen Lebermoosen, in den Blättchen mehrerer Laubmoose, ja auch in größern zarten Laubblättern von Blütenpflanzen je nach der Stärke des einfallenden Lichtes das grüne Gewebe bald heller, bald dunkler grün gefärbt erscheint, daß dasselbe unter der Einwirkung intensiven Sonnenlichtes blässer und gelblichgrün wird, in schwachem Lichte aber einen dunklern Ton annimmt. Legt man auf ein von der Sonne beschienenes Laubblatt einen schwarzen Papierstreifen in der Weise, daß nur ein Teil der Blattfläche von demselben bedeckt wird, und entfernt man diesen Streifen nach einiger Zeit, so erscheint der unbedeckt gebliebene, von den Sonnenstrahlen unbehindert getroffene Teil hellgrün, jener Teil dagegen, über welchem der Papierstreifen lag, und von welchem die Sonnenstrahlen abgehalten wurden, dunkelgrün. Sorgfältige Untersuchungen haben nun ergeben, daß dieser Farbenwechsel auf Verschiebungen der Chlorophyllkörper beruht. Im zerstreuten Lichte gruppieren sich die Chlorophyllkörper an jenen Wänden der Zellen, auf deren Fläche das Licht unter rechtem Winkel einfällt, also in den cylinderförmigen Palissadenzellen eines Laubblattes an den zur Blattoberfläche parallelen kleinen Wänden, und es ist begreiflich, daß solche Zellen, beziehentlich die aus ihnen gebildeten Gewebe, in der Richtung des einfallenden Lichtes angesehen, dunkelgrün erscheinen. Sobald direktes Sonnenlicht Einfluß gewinnt, werden die Chlorophyllkörner von diesen Wänden weggerückt und auf die zur Richtung des einfallenden Lichtes parallelen Wände der Zellkammer versetzt. Sind es Palissadenzellen, so gruppieren sich die Chlorophyllkörper an den langen Seitenwänden, während die kleinen, von den Sonnenstrahlen unter rechtem Winkel getroffenen Zellwände chlorophyllfrei und farblos werden. Sind es armförmige Zellen des Schwammparenchyms, so werden die Chlorophyllkörper, welche bei zerstreutem Lichte gleichmäßig in der Zelle verteilt waren, in die Ausbuchtungen gruppenweise zusammengeschoben, während das Mittelfeld der Zelle sich aufhellt und chlorophyllfrei wird. Das ganze Gewebe aber, in welchem sich diese Verschiebung vollzogen hat, erscheint viel blässer als früher und zeigt häufig einen entschieden gelblichgrünen Farbenton.

Besonders schön sieht man diese nach der Beleuchtungsintensität wechselnder Lage der Chlorophyllkörner an den sehr einfach gebauten laubartigen Wasserlinsen, zumal an Lemna trisulca, von welcher untenstehende Abbildung drei senkrecht auf die Fläche des grünen Gewebes geführte Durchschnitte zeigt.

Mit diesen Erscheinungen hängt wohl auch die Veränderung der Gestalt zusammen, welche infolge verschiedener Beleuchtung an den Chlorophyllkörpern selbst beobachtet wird. In den Blättchen von Funaria hygrometrica, einem auf Kohlenmeilern, an feuchten Mauern und Felsen sehr häufigem Moose, sind die Chlorophyllkörner, welche den Außenwänden der Zellen angeschmiegt sind, bei zerstreutem Lichte abgeflacht, eckig und kleinen, polygonalen Täfelchen vergleichbar. Auch sind sie so gelagert, daß die ganze von ihnen bedeckte Wand gleichmäßig grün erscheint und nur schmale farblose Streifen zwischen ihnen übrigbleiben. Sobald direktes Sonnenlicht einfällt, verändern sie rasch ihre Form; aus den Täfelchen werden halbkugelige oder kegelförmige Körper, welche gegen die Mitte der Zellkammer vorspringen. Dabei werden die der Zellwand angeschmiegten Grundflächen der



Lage der Chlorophyllkörner in den Zellen der dreilappigen Wasserlinse (Lemna trisulca): 1. im Dunkeln — 2. im direkten Sonnenlichte — 3. im zerstreuten Lichte.

Chlorophyllkörper zusammengezogen, die farblosen Zwischenräume bedeutend erweitert, und infolgedessen wird das Grün der betreffenden Blattfläche abgedämpft. Auch in den Blättern mancher Blütenpflanzen erscheinen die Chlorophyllkörper, welche in den Palissadenzellen an den langen Seitenwänden verteilt sind, bei zerstreutem Lichte halbkugelig oder fast zapfenförmig und ragen gegen die Mitte dieser Zellen so vor, daß sie von den durchgehenden Lichtstrahlen im ausgiebigsten Maße getroffen werden; unter dem Einflusse des direkten Sonnenlichtes verflachen sie sich, werden scheibenförmig und ziehen sich vor den hellen, durch die Mitte der Zelle gehenden Strahlen gewissermaßen zurück.

Alle diese Vorgänge, sowohl die Verschiebungen als die Formwandlungen der Chlorophyllkörper, werden in ihrer Bedeutung verständlich, wenn man annimmt, daß sowohl ein Zuviel als ein Zuwenig des Lichtes vom Übel wäre, und daß für jede Pflanzenart das Maß der von den Chlorophyllkörpern aufzunehmenden Sonnenstrahlen ein bestimmtes ist. Dieses bestimmte Maß suchen die mit Chlorophyllkörpern ausgestatteten Protoplasten unter allen Umständen zu gewinnen. Bei schwacher Beleuchtung erhalten die Chlorophyllkörper eine Lage und eine Gestalt, der zufolge sie eine möglichst große Oberfläche dem Lichte darbieten; bei starker Beleuchtung nehmen sie eine Stellung und Form an, in der eine möglichst kleine Oberfläche dem Lichte ausgesetzt ist. Ein erhöhtes Interesse gewinnen diese Vorgänge, namentlich die Verschiebungen der Chlorophyllkörper, dadurch, daß sie nur durch Strömungen des reizbaren Protoplasmas vermittelt werden können. Man muß sich gegenwärtig halten, daß es eigentlich der lebendige Protoplast ist, welcher die in seinem Leibe eingebetteten Chlorophyllkörper verschiebt, um sie, entsprechend der jeweiligen Beleuchtung, an den geeigneten Platz zu bringen, sie zu sonnen oder in Schatten zu stellen, wobei immer genau in Anschlag gebracht ist, daß die verschobenen grünen Körper weder zu viel noch zu wenig beleuchtet werden.

Viele einzellige, im Wasser lebende Pflanzen, zumal die Schwärmsporen, erreichen dasselbe Ziel nicht durch Verschiebung der Chlorophyllkörper im Innern der Zellen, sondern durch Wanderungen der ganzen Zelle. Man sieht die grünen, einzelligen Wesen mit Hilfe ihrer Wimperfäden dem Lichte zuschwimmen, wobei sie jedesmal die den gegebenen Verhältnissen passendste Lage einnehmen. Sind zahlreiche Schwärmsporen auf beschränktem Raume beisammen, so kann es vorkommen, daß alle zu einer bestimmten Stelle hinrudern, dort sich im Wasser herumtummeln und schon dem freien Auge als grüne Wölkchen erscheinen. Oder sie lassen sich wohl auch auf der festen Unterlage der Wasseransammlung nieder, ordnen sich dort nebeneinander, so daß keine der andern das Licht wegnimmt, und erscheinen dann dem unbewaffneten Auge als grüne Streifen und Beschläge. Wenn man die Schwärmzellen von Sphaerella pluvialis in einer mit Regenwasser erfüllten flachen, weißen Porzellanschale kultiviert und die eine Hälfte der Schale durch einen aufgelegten undurchsichtigen Körper verdunkelt, die andre Hälfte dagegen beleuchtet läßt, so schwimmen sämtliche Schwärmer aus dem verdunkelten Wasser dem beleuchteten zu, um dort eine möglichst günstige Lage zum Lichte einzunehmen. Dreht man nun die Porzellanschale und zwar so, daß der bisher beleuchtete Teil verdunkelt wird und das Licht auf den früher verdunkelten Teil einfällt, so verlassen die Schwärmer die Stelle, welche sie eingenommen hatten, neuerdings, schwimmen von der nun dunkeln Stelle an das gegenüberliegende beleuchtete Ufer und gruppieren sich dort genau so weit, als für sie die Beleuchtungsverhältnisse günstig sind.

Kultiviert man in einer mit Wasser gefüllten Porzellanschale statt der eben besprochenen Sphaerella pluvialis Rasen von Vaucheria clavata, und nimmt man wieder eine teilweise Verdunkelung der Wassermasse und des darin wachsenden grünen Rasens vor, so sieht man, daß auch Zellen, welche langgestreckt und an einem Ende festgewachsen sind, mit dem andern Ende jene Stellen aufsuchen, wo sich ihnen das günstigste Licht darbietet. Die schon wiederholt als Beispiel gewählte Vaucheria clavata, welche von der Mittelfigur auf der Tafel bei S. 22 dargestellt ist, besteht aus langen, schlauchförmigen, vielfach ausgesackten, beziehentlich verzweigten Zellen, deren fortwachsende stumpfe Enden dunkelgrün erscheinen, während die untern abgestorbenen Teile verbleicht und gelblichweiß gefärbt sind. Das Protoplasma ist so reich mit Chlorophyllkörnchen durchsetzt, daß sich die ganze Innenwand der schlauchförmigen Zellen wie von einer grünen Tapete ausgekleidet darstellt. Im Grunde seichter Gewässer, wo der natürliche Standort dieser Pflanze ist, wächst sie zu halbkugeligen Rasen heran, und alle schlauchförmigen Zellen, welche die Rasen zusammensetzen, sind mit ihren grünen Enden nach oben gerichtet und der Lichtquelle zugewendet. So verhält es sich auch, wenn die kultivierte Vaucheria in der Porzellanschale von obenher gleichmäßig beleuchtet ist. Nimmt man aber eine teilweise Verdunkelung vor, so ändern diejenigen Fäden, über welchen sich der verdunkelnde Schirm befindet, in kürzester Zeit ihre Lage, sie neigen sich gegen die helle Seite hin, und der Rasen sieht dann so aus, als hätte man mit einem Kamme sämtliche Fäden desselben gegen die Lichtseite hingekämmt. Dasselbe sieht man übrigens auch dann, wenn die Porzellanschale mit den Vaucheria-Rasen, auf welche bisher zerstreutes Licht gleichmäßig von oben eingewirkt hatte, in den Hintergrund eines einfensterigen Zimmers gestellt wird, so daß das Licht nur von einer Seite einfallen kann. Auch da neigen sich alle die fadenförmigen oder, besser gesagt, schlauchförmigen Zellen des Rasens der Lichtquelle zu, und auch wenn sie weiterwachsen, erfolgt die Verlängerung ausnahmslos geradlinig in der Richtung gegen das einfallende Licht. Nach einigen Tagen sehen auch solche Vaucheria-Rasen wie gekämmt aus.

Ähnlich den einzelnen grünen Zellen, welche frei im Wasser herumschwimmen, und ähnlich den an der Basis festgewachsenen schlauchförmigen Zellen der Vaucheria verhalten sich auch die grünen Gewebe der Lagerpflanzen und die grünen Blätter und Stengel

der Farne und Samenpflanzen, jene umfangreichen Verbindungen grüner Zellen, welchen die Aufgabe zukommt, in einträchtiger Weise zu schaffen und zu arbeiten und für den Pflanzenstock, dem sie angehören, aus der aufgenommenen Kohlensäure mit Hilfe andrer Nährstoffe organische Substanz zu erzeugen. Auch für sie sind selbstverständlich Einrichtungen notwendig, durch welche sie jederzeit in das günstigste Licht gestellt werden können. Freilich sind an diesen Gewächsen, in welchen die Teilung der Arbeit so weit vorgeschritten ist, die Verhältnisse nicht so einfach wie in jenen Pflanzen, die nur aus einzelnen Zellen bestehen, und es ist im vorhinein zu erwarten, daß je nach der Gestalt der einzelnen Arten und je nach den Standorten, welche dieselben bewohnen, die erwähnten Einrichtungen sehr mannigfaltige sein werden. Es kommt auch noch der Umstand in Betracht, daß jeder Punkt, an welchem sich eine Pflanze angesiedelt hat, im Laufe der Zeit Veränderungen erfahren kann, denen zufolge die Menge und Stärke des dort Einfluß nehmenden Lichtes eine andre wird. Langlebige Pflanzen, die gewaltig in die Höhe und Breite wachsen, ändern in den verschiedenen Altersstufen ihr Verhältnis zur Sonne und müssen dem entsprechend auch ihre Gestalt wechseln oder wenigstens die Richtung und Lage ihrer grünen Gewebe ändern. Das alles bedingt eine Mannigfaltigkeit der in Rede stehenden Einrichtungen, welche geradezu ins Unendliche geht, und deren erschöpfende Behandlung kaum möglich ist. Zur übersichtlichen Darstellung empfiehlt es sich, aus der langen Reihe von Bildungen, deren Bedeutung darin liegt, daß jede Pflanzenart für ihre grünen Organe weder zu wenig noch zu viel Licht zugemessen erhält, die merkwürdigsten herauszugreifen und an ihnen, als Vorbildern für eine bald größere, bald kleinere Gruppe, die Beziehungen zum Lichte zu erörtern.

Beginnen wir mit jenen Einrichtungen, welche durch einen besondern Standort bedingt sind, und untersuchen wir zunächst jene Gewächse, welche in Grotten und Höhlen ihr Standquartier aufgeschlagen haben, in diesen dauernd leben und auch alle ihre Entwickelungsstufen daselbst durchmachen. In tiefen, vom Lichte ringsum abgeschlossenen Höhlungen und zwar sowohl in denjenigen, welche sich ohne Einfluß des Menschen gebildet haben, als auch jenen, die zum Behufe der Gewinnung von Erzen, Kohlen, Salz und Wasser gegraben wurden, fehlen Pflanzen mit chlorophyllführenden Zellen und Geweben vollständig. Was wir dort von Gewächsen finden, beschränkt sich auf bleiche Pilze, welche von den spärlichen organischen Verbindungen leben, die das einsickernde Tagwasser aus den sonnigen oberirdischen Geländen in die Tiefe mitbringt, oder die sich auf den durch Menschen und Tiere zufällig oder absichtlich herbeigebrachten organischen verwesenden Körpern angesiedelt haben. Anders in den Höhlen, Gruben, Grotten, Schachten und Brunnen, in welche das Licht von oben oder von der Seite her, wenn auch nur durch einen verhältnismäßig kleinen Spalt, einzudringen im stande ist. Die dort entwickelte Vegetation ist zwar nicht gerade reich entfaltet, aber es ist schon der Umstand, daß dort überhaupt noch Pflanzen grünen, bemerkenswert. Was beim Anblicke dieser Pflanzenwelt in einseitig beleuchteten Höhlungen geradezu verblüfft, ist der Umstand, daß sie das schönste und lebhafteste Grün haben, ein Grün weit frischer und auffallender als jenes, welches die Pflanzen außerhalb der Höhle zeigen. Schon die im südlichen Europa weitverbreitete Hirschzunge (Scolopendrium officinarum), wenn sie die tief schattigen Seitenwände felsiger Schluchten schmückt, ist viel lebhafter grün gefärbt, als wenn sie in offener Landschaft an steinigen Stellen wächst, wo von allen Seiten Licht zukommen kann. Auch die Lebermoose, welche die feuchten Steine in den von Quellen durchrieselten Grotten mit ihrem laubartigen Lager überziehen, sind dort im Halbdunkel entschieden schöner grün als außerhalb der Grotte; am auffallendsten aber ist diese Erscheinung an dem Vorkeime einiger in die Abteilung der Hymenophyllaceen gehöriger Farne und an mehreren Laubmoosen.

Ein winziges Moos, das der Volksmund **Leuchtmoos** nennt, und das von den Botanikern den Namen Schistostega osmundacea erhielt, hat sogar eine gewisse Berühmtheit erlangt. Dasselbe findet sich durch die mitteleuropäischen Granit- und Schiefergebirge verbreitet, ist aber immer nur in den Klüften des Gesteines und niemals außerhalb der Felsenhöhlen anzutreffen. Und zwar überzieht dasselbe regelmäßig die gelbliche, lehmige Erde und die verwitterten, morschen Steinplatten, welche den Boden der Klüfte und kleinen Grotten bilden. Blickt man durch das Thor der Grotte oder durch den Spalt der Felskluft in das Innere der Höhlung, so zeigt sich der Hintergrund ganz dunkel, auch der Mittelgrund läßt an den Seitenwänden nur ein unbestimmtes Zwielicht wahrnehmen, am ebenen Boden der Höhlung aber glitzern und leuchten unzählige grüngoldene Lichtpunkte, so daß man meinen könnte, kleine Smaragde seien dort über die Erde verstreut. Langt man neugierig in den Grund der Grotte, um von dem leuchtenden Gebilde eine Probe zu erhaschen, und besieht man das Herausgeholte auf der flachen Hand im hellen Lichte, so traut man kaum seinen Augen; denn man hat nichts andres vor sich als kalte, glanzlose Erde und morsche, feuchte Steinplättchen von gelblichgrauer Farbe. Nur wenn man näher zusieht, bemerkt man, daß Erde und Steinchen teilweise mit kleinen mattgrünen Punkten und feinen Fäden durchsetzt und übersponnen sind, und daß sich stellenweise auch winzige Moospflänzchen als ein zarter Anflug erheben, die eine blasse bläulichgrüne Färbung zeigen und in die Erde gesteckten bogenförmig gekrümmten Federchen gleichen. Die Erscheinung, daß ein Gegenstand nur im dunkeln Geklüfte der Felsen leuchtet und seinen Schimmer sofort verliert, wenn er an das helle Tageslicht gezogen wird, wirkt so überraschend, daß man begreift, wie sich das Märchen von neckischen Gnomen daran knüpfen konnte, von höhlenbewohnenden Kobolden, welche den habgierigen Erdensöhnen Gold und Edelgestein schauen lassen, den angelockten Schatzgräbern aber hinterdrein die bittere Enttäuschung bereiten, daß diese beim Ausleeren des in der Höhle mit Hast zusammengescharrten Schatzes nicht schimmerndes Geschmeide, sondern gemeine Erde aus den Säcken hervorkollern sehen.

Es wurde erwähnt, daß man auf dem Grunde der Felsenhöhlungen bei sorgfältiger Prüfung zweierlei unscheinbare pflanzliche Gebilde zu entdecken vermag, einmal ein von kleinen, krümeligen Körperchen durchsetztes Gespinst aus Fäden, und dann bläulichgrüne Moospflänzchen, die winzigen Federchen ähnlich sehen. Das Gefäde bildet den sogenannten Vorkeim, und die grünen Moospflänzchen wachsen als zweite Generation aus diesem Vorkeime hervor. Wie das geschieht, wird an andrer Stelle geschildert werden; hier interessiert uns nur, daß das Leuchten nicht von den grünen Moospflänzchen, sondern von deren Vorkeime ausgeht. Untersucht man diesen unter dem Mikroskope, so bietet sich ein Bild, wie es Fig. p der Tafel bei S. 22 zeigt. Von den horizontal über den Boden sich hinspinnenden, vielfach verzweigten Fäden, welche aus schlauchförmigen Zellen zusammengesetzt werden, erheben sich zahlreiche Zweige, welche Gruppen aus traubenförmig geordneten, kugeligen Zellen tragen. Sämtliche Zellen einer Gruppe liegen in einer Ebene, und jede dieser Ebenen steht senkrecht zu den durch die Mündung der Felskluft einfallenden Lichtstrahlen. Die traubigen Zellgruppen sind bald länger, bald kürzer gestielt, immer aber erscheinen sie reihenweise neben- und hintereinander und sind kulissenartig so gestellt, daß die vordern Gruppen den hinter ihnen stehenden nicht zu viel von dem in die Felskluft einfallenden Lichte wegnehmen. Jede der kugeligen Zellen enthält Chlorophyllkörner, aber in geringer Zahl, meist vier, sechs, acht, zehn, und diese sind stets an derjenigen Seite der Zelle zusammengedrängt, welche dem dunkeln Hintergrunde der Felskluft zugewendet ist. Dort sind sie mosaikartig gruppiert und zwar häufig so, daß ein grünes Korn den Mittelpunkt bildet, während die andern sehr regelmäßig im Kreise um dasselbe herumstehen. Solche Gruppen erinnern dann an die Anordnung der Blumenblätter in Vergißmeinnichtblüten

und geben den Zellen ein sehr zierliches Ansehen. Zusammengenommen bilden diese Chlorophyllkörner an der gegen den dunkeln Hintergrund gerichteten Wand der kugeligen Zelle einen Beleg, der sich bei Anwendung von Mikroskopen mit geringer Vergrößerung als grüner, runder Fleck darstellt. Abgesehen von diesen Chlorophyllkörnern, ist der Zellinhalt farblos und durchsichtig und teilt diese Eigenschaft mit der ungemein zarten Zellhaut. Das Licht, welches auf solche Zellen durch die Mündung einer Felskluft einfällt, verhält sich ähnlich so wie Licht, welches durch ein kleines Fenster auf eine Glaskugel im Hintergrunde einer dunkeln Kammer eindringt. Die einfallenden unter sich parallelen Strahlen, welche die Kugel treffen, werden so gebrochen, daß sie zusammen einen Lichtkegel bilden, und da in diesen Lichtkegel die hintere Fläche der Kugel eingeschaltet ist, so erscheint auf dieser eine helle Scheibe. Ist diese Scheibe an der hintern Seite der Kugel, auf welche die gebrochenen Lichtstrahlen fallen, mit einem Belege versehen, so wird dieser durch das darauf konzentrierte Licht verhältnismäßig stark beleuchtet und hebt sich von der dunklern Umgebung als heller, runder Fleck ab. Hat dieser Beleg die Fähigkeit, organische Substanz zu erzeugen, wie das bei den kugeligen Zellen des Leuchtmoos-Vorkeimes der Fall ist, so wird durch eine solche Einrichtung das spärlich einfallende Licht möglichst vorteilhaft verwendet, es wird eben auf jene Stellen hingelenkt und konzentriert, wo sich die Chlorophyllkörper befinden, und diese erhalten daher selbst in dem düstern Raume der Felskluft noch eine Lichtmenge, welche zu der ihnen gestellten Aufgabe vollständig ausreicht. Es ist sehr bemerkenswert, daß der aus grünen Chlorophyllkörnern gebildete Beleg an der Rückseite der kugelförmigen Zellen genau so weit reicht, als diese durch die gebrochenen Strahlen beleuchtet wird, während darüber hinaus, wo keine Beleuchtung stattfindet, auch keine Chlorophyllkörner zu sehen sind. Die gebrochenen Lichtstrahlen, welche auf den grünen, runden Fleck an der hintern Wand der kugeligen Zelle treffen, werden übrigens nur teilweise absorbiert, zum Teile werden sie von dort wie von einem Hohlspiegel zurückgeworfen, und diese zurückgeworfenen Lichtstrahlen sind es auch, welche uns die Zellen des besprochenen Vorkeimes leuchtend erscheinen lassen. Es hat diese Erscheinung daher die größte Ähnlichkeit mit dem Leuchten, welches die Augen der in halbdunkeln, nur einseitig beleuchteten Räumen sich aufhaltenden Katzen und andrer Tiere zeigen, und beruht durchaus nicht auf einem chemischen Vorgange, auf einer Oxydation, wie etwa das Leuchten der Johanniskäferchen oder das Leuchten des in morschem Holze eingebetteten Myceliums von Pilzen. Da die zurückgeworfenen Lichtstrahlen denselben Weg einhalten, welchen die einfallenden genommen, so ist es begreiflich, daß man das Leuchten der Schistostega nur dann sieht, wenn sich das Auge in der Richtung des einfallenden Lichtstrahles befindet. Bei beschränktem Umfange des Spaltes, durch den das Licht in die Felskluft eindringt, ist es darum nicht immer leicht, die besprochene Erscheinung schön zu sehen. Hält man den Kopf nahe an den Spalt, so versperrt man eben dem Lichte den Eingang, und es kann dann selbstverständlich auch kein Licht zurückgeworfen werden. Es empfiehlt sich daher, beim Hineinsehen in die Felsklüfte den Kopf so zu halten, daß immer noch etwas Licht in die Tiefe der Kluft gelangen kann. Dann ist das Schauspiel aber in der That von unbeschreiblichem Reize. Was soeben von einzelnen Zellen ausgesagt wurde, zeigt sich nämlich an sämtlichen kulissenartig hintereinander gestellten Zellgruppen, deren auf engem Raume gewöhnlich viele Tausende sich finden. Jede Zellgruppe erscheint als ein grün schimmernder Punkt und zwar mit jenem hellen Grün, wie es der Künstler auf der hier beigehefteten Tafel „Leuchtmoos im Geklüfte der Schieferfelsen" möglichst getreu nach der Natur wiederzugeben versuchte. Das eigentümliche milde Leuchten läßt sich freilich in einem Bilde nicht zur Anschauung bringen, jedenfalls aber ist die ganze Erscheinung durch dasselbe dem Verständnisse möglichst nahe gerückt.

Unter den an tief schattigen Stellen, vorzüglich in ausgehöhlten Baumstrünken, heimischen und dort durch ihren grünen Glanz auffallenden Laubmoosen ist besonders noch Hookeria splendens bemerkenswert. Die Blätter derselben schimmern zwar nicht so lebhaft wie der Vorkeim des Leuchtmooses, aber die Erscheinung ist immerhin eine ähnliche, und es liegt ihr auch eine ähnliche Ausbildung zu Grunde. Die Blätter der Hookeria sind verhältnismäßig groß, dabei sehr zart und dünn. Sie werden aus einer einfachen Schicht rhombischer, nach oben und unten stark vorgewölbter Zellen gebildet, so daß das ganze Blatt einigermaßen einem Fenster mit sehr kleinen sogenannten Butzenscheiben verglichen werden könnte. Die Chlorophyllkörner sind hier bei weitem weniger regelmäßig geordnet als jene in den Zellen des Leuchtmoos-Vorkeimes, doch sind sie wie dort an jener Seite zusammengehäuft, mit welcher das Moosblatt dem Boden aufliegt, beziehentlich dem Dunkel zugewendet ist. Die Seite, welche sich gegen das spärlich einfallende Licht richtet, erscheint ohne Chlorophyllbeleg. Gegenüber diesem spärlichen Lichte, welches auf die eine Seite des Moosblattes einfällt, verhalten sich die halbkugelig vorgewölbten Zellen wie Glaslinsen. Sie konzentrieren das schwache Licht auf die an der gegenüberliegenden Seite gehäuften Chlorophyllkörnchen; anderseits wird von ihnen aber auch Licht reflektiert, und dieses bedingt eben den grünen Glanz, mit welchem die Hookeria aus ihrem düstern Standorte hervorschimmert.

Gleich jenen Pflanzen, welche die Felsgrotten und Steinklüfte und das schattige Dunkel ausgehöhlter Baumstrünke bewohnen, werden auch die Gewächse, welche im Grunde des Meeres, in der Tiefe der Seen und Teiche ihren Standort haben, nur von geschwächten Sonnenstrahlen getroffen. Und zwar ist die Beleuchtung desto schwächer, je tiefer der betreffende Standort unter Wasser liegt, da die Stärke des durch das Wasser dringenden Lichtes mit wachsender Länge des zurückgelegten Weges abnimmt. In der Tiefe von 200 m herrscht im Meere bereits vollständige Finsternis; bei 170 m gleicht die Beleuchtungsstärke jener, welche in einer mondhellen Nacht über dem Wasser beobachtet wird. Eine solche Beleuchtung reicht für keine Chlorophyll enthaltende Pflanze hin, um aus den aufgenommenen Rohstoffen organische Substanz zu erzeugen, und zwar selbst dann nicht, wenn die betreffende Pflanze mit allen möglichen Hilfsmitteln zur Sammlung des so schwachen Lichtes ausgestattet sein sollte. Erst in der Tiefe von 90 m ist das Licht ausreichend, damit in den mit Chlorophyll versehenen Zellen die Kohlensäure zersetzt werden kann, und diese Tiefe ist auch als die unterste Grenze chlorophyllhaltiger Wasserpflanzen ermittelt worden. Übrigens gelten diese Zahlen nur für den Fall des möglichst günstigen Einfallens von Licht am vollen Tage und nur für den Fall, daß das Wasser möglichst klar und durchsichtig ist, was eigentlich nur in seltenen Fällen, ja man kann wohl sagen nur ausnahmsweise zusammentrifft. Die Unterlage, welcher die Pflanzen unter Wasser aufsitzen, sei es Sand, Schlamm oder Fels, ist in der Regel abschüssig und wird meist von schrägen Strahlen der Sonne getroffen. Häufig finden sich auch im Wasser und zwar selbst in demjenigen, welches in großen Massen ganz klar zu sein scheint, suspendierte Teilchen fester Körper, welche das Licht bedeutend abschwächen. Das gilt insbesondere in der Nähe der Steilküsten, wo die Brandung ununterbrochen an der Zerstörung des festen Ufers arbeitet, demzufolge auch unter 60 m Tiefe an solchen steil abfallenden Böschungen nur noch selten Pflanzen, welche mit Chlorophyll ausgestattet sind, gefunden werden.

Im allgemeinen beschränkt sich die Pflanzenwelt im Meere auf einen längs des Strandes verlaufenden Gürtel von etwa 30 m Höhe und einer nach der Steilheit des Ufers wechselnden Breite. Unterhalb dieses schmalen Gürtels ist das Pflanzenleben so gut wie erloschen, und die Tiefe des Ozeanes ist in allen Zonen der Erde eine pflanzenleere Wüste. Daß man

Tange gefunden hat, welche eine Länge von 100, ja angeblich sogar von 200 und 300 m zeigten, wie namentlich die berühmte **Macrocystis pyrifera** zwischen Neuseeland und dem Feuerlande, steht hiermit nicht im Widerspruche. Diese Tange erstrecken sich nicht lotrecht von der Oberfläche des Meeres zum Grunde, sondern gehen von steilen Böschungen aus und wachsen unter sehr schiefen Winkeln gegen die Oberfläche empor, wobei sie sich nicht selten nach den Meeresströmungen richten. Man hat sich ihre Lage im Wasser ungefähr so zu denken wie jene des flutenden Laichkrautes oder des flutenden Hahnenfußes (**Potamogeton fluitans** und **Ranunculus fluitans**), welche das nur wenige Dezimeter tiefe Wasser von Bächen erfüllen und doch eine Länge von mehr als 1 m erreichen können.

Es ist im vorhinein zu erwarten, daß Gewächse, welche in dem abgeschwächten Lichte tief unter Wasser auf einem Felsriffe angesiedelt sind, sich ähnlich wie das grottenbewohnende Leuchtmoos verhalten werden, und man wird nicht fehlgehen, wenn man die zu Ketten verbundenen tonnenförmigen und kugeligen Zellformen, die blasigen und beerenartigen Ausstülpungen der einzelligen Kaulerpeen und Halimadeen sowie die facettierten Zellwände jener Diatomeen, welche in den Abgründen des Meeres in schwachem Dämmerlichte leben, als Einrichtungen auffaßt, durch welche das Licht gesammelt und auf jene Stellen des Zellinnern hingelenkt wird, wo die Chlorophyllkörper angehäuft sind. Mehrere der meerbewohnenden Florideen und Tange aus den Gattungen **Phylocladia**, **Polysiphonia**, **Wrangelia** und **Cystosira** zeigen sogar unter Wasser ein eigentümliches Glänzen und Leuchten, welches mit jenem des Leuchtmooses verglichen werden kann, wenn auch der optische Apparat hier ein wesentlich andrer ist. In den oberflächlichen Zellen der leuchtenden Phylokladien findet man, aus dem Protoplasma ausgeschieden und den Außenwänden dicht angeschmiegt, Platten, welche eine große Zahl kleiner, dicht gedrängter, linsenförmiger Körperchen enthalten. Von diesen winzigen Linsen wird das Licht und zwar vorzüglich das blaue und grüne Licht zurückgeworfen, und dadurch wird eben das eigentümliche Leuchten bewirkt; anderseits aber werden die gelben und roten Strahlen auf die Chlorophyllkörper hingelenkt, und es sind daher diese Platten als Sammelapparate für das Licht aufzufassen, das bei seinem Gange durch die mächtigen Wasserschichten eine nicht unbedeutende Abschwächung erfahren hat.

In den Tiefen des Meeres kommt aber auch noch ein andres optisches Verhältnis zur Geltung, durch welches die Beleuchtung der Chlorophyllkörper in den dort wachsenden Pflanzen schließlich doch noch eine relativ günstige wird, und das ist: die Fluoreszenz des Erythrophylls, die Fluoreszenz jenes roten Farbstoffes, welchem die Florideen ihr eigentümliches Kolorit verdanken. Um diese Erscheinung klarzustellen, erscheint es notwendig, etwas auszuholen und zunächst einen weitverbreiteten Irrtum in betreff der Farbe des Wassers überhaupt und insbesondere des Meerwassers zu berichtigen. In dem so anziehend geschriebenen Werke „Die Pflanze und ihr Leben“ von Schleiden beginnt die siebente Vorlesung, welche das Meer und seine Bewohner behandelt, mit folgenden Zeilen: „O lernt sie nur kennen, die grausige Tiefe, welche unter dem trügerisch glänzenden Spiegel sich birgt. Ihr sinkt hinab, euch verschwindet das Blau des Himmels, das Licht des Tages, ein feuriges Gelb umgibt euch, dann ein flammendes Rot, als tauchtet ihr ein in ein feuchtes Höllenmeer ohne Glut, ohne Wärme. Das Rot wird dunkler, purpurn, endlich schwarz, eine undurchdringliche Nacht hält euch umfangen.“ Diese Schilderung gründet sich ohne Zweifel auf die Angaben von Tauchern aus alter Zeit, denen zufolge in den Abgründen des Meeres rotes Licht vorherrschend sein sollte. Mit diesen Angaben dürfte es sich aber folgendermaßen verhalten. Die Klippen und der felsige Grund, zu welchem sich die Taucher hinabsenkten, mögen mit roten Florideen reichlich überwuchert gewesen sein, möglicherweise waren auch gerade dort die obern Wasserschichten mit jenen einzelligen, roten

Algen erfüllt, welche das sogenannte Blühen des Meeres veranlassen. In der Nähe der Mündung des Tejo erscheint zeitweilig eine Fläche von 60 Millionen qm durch den Protococcus Atlanticus, eine einzellige Alge, von welcher 40,000 ein Quadratmillimeter bedecken, scharlachrot gefärbt, und das Trichodesmium erythraeum, eine andre mikroskopische Alge, welche aus Bündeln zarter, gegliederter Fäden besteht, erfüllt in ungezählten Milliarden die Wasserschichten im Roten Meere sowie im Indischen und Stillen Ozeane, so daß dort unabsehbare Strecken eine schmutzig rote Farbe erhalten. Wenn diese Algen erscheinen, so heißt es, das Meer blüht, und zu dieser Zeit mag dem Taucher die Tiefe in rotgelber Dämmerung erschienen sein. Hat man doch selbst in der Tiefe des Genfer Sees, wenn dessen Wasser getrübt war, zeitweilig eine rotgelbe Färbung wahrgenommen, welche dadurch bedingt war, daß durch die feinen suspendierten Teilchen die blauen Strahlen des einfallenden Lichtes abgeschwächt wurden. Mit Rücksicht auf diese Vorkommnisse darf man annehmen, daß die oben erwähnten Angaben der Taucher zwar nicht auf absichtlicher Täuschung beruhten, sich aber doch nur auf besondere Fälle bezogen. Eine allgemeine Geltung kommt denselben nicht zu. *Thatsächlich ist die Farbe des Meerwassers und zwar sowohl im durchfallenden als im reflektierten Lichte blau*, und der Taucher, welcher auf dem Grunde des ungetrübten und nicht blühenden Meeres seiner Arbeit nachgeht, ist dort nicht von rotem, sondern von blauem Dämmerlichte umgeben. Je größer der Salzgehalt, desto tiefer das Blau. Nirgends erscheint dasselbe so schön und so tief im Tone wie im Toten Meere und im Bereiche des Golfstromes und des Kurosiwo, wo das Wasser besonders reich an gelösten Salzen ist und in den obern Schichten auch eine verhältnismäßige hohe Temperatur zeigt. Die blaue Farbe des Wassers wird in der Weise erklärt, daß von den durch verschiedene Wellenlängen und verschiedene Brechbarkeit charakterisierten Strahlen, welche zusammengenommen das farblose Tageslicht bilden, und die wir getrennt in den Farben des Regenbogens bewundern, das Rot, Orange und Gelb beim Durchgehen durch das Wasser absorbiert, und daß nur jene Strahlen, welche sich durch starke Brechbarkeit auszeichnen, namentlich das Blau, durchgelassen werden. Die jenseit des Rot liegenden, für unser Auge nicht sichtbaren Strahlen, die sogenannten unsichtbaren Wärmestrahlen, werden gleichfalls bei ihrem Durchgange durch das Wasser absorbiert, und die in einiger Tiefe unter Wasser befindlichen Gegenstände werden daher nur von stark brechbaren Strahlen, insbesondere den blauen Strahlen, getroffen. Für die in der Meerestiefe wachsenden Pflanzen sind daher die Beleuchtungsverhältnisse eigentlich recht ungünstige. Nicht genug, daß ein Teil des auf den Wasserspiegel einfallenden Lichtes reflektiert, der andre Teil bei seinem Durchgange durch das Wasser geschwächt wird, werden von den durchgehenden Strahlen auch noch diejenigen zurückgehalten, welche für die stoffbildenden Chlorophyllkörper in den Pflanzenzellen notwendig sind; denn gerade der roten, orangen und gelben Strahlen bedürfen die Chlorophyllkörper, wenn sie ihrer Aufgabe nachkommen sollen; nur unter dem Einflusse dieser Strahlen findet die Zersetzung der Kohlensäure, die Abscheidung von Sauerstoff, die Bildung von Kohlenhydraten statt. Die blauen Strahlen leisten in dieser Beziehung nichts, ja sie sind für diese Vorgänge sogar nachteilig, indem sie die Oxydation, die Zerstörung organischer Substanzen, befördern. Da tritt nun das Phykoerythrin, jener rote Farbstoff, welcher in den Florideen enthalten ist und zwar so reichlich enthalten ist, daß durch ihn die Chlorophyllkörper ganz zugedeckt werden, ins Mittel. *Dieser Farbstoff zeigt nämlich eine sehr kräftige Fluoreszenz*, d. h. er absorbiert einen großen Teil der auf ihn fallenden Lichtstrahlen und sendet andre Strahlen von größerer Schwingungsdauer aus. Die blauen Strahlen werden durch ihn gewissermaßen in gelbe, orange und rote umgewandelt, und *so erhalten die Chlorophyllkörper schließlich doch noch jene Strahlen, welche bei der Zersetzung der Kohlensäure als treibende Kraft*

wirksam sind. Hiermit ist aber auch die Erklärung der merkwürdigen Erscheinung gegeben, daß die Gewächse des Meeres nur hart am Strande, nur in den oberflächlichsten Wasserschichten grün gefärbt sind, während sie weiter abwärts rot erscheinen. Nur ganz obenauf schwanken und schweben die smaragdenen Ulvaceen und Enteromorphen und bilden da eine hellgrüne Zone; in der Tiefe sucht man vergeblich nach diesen Algen; von den Gewächsen, die dort unten sprossen, kann man auch nicht mehr sagen, daß sie grünen. Das Wahrzeichen der Pflanzenwelt ist ausgetüncht und verschwunden; Grün hat dem Rot den Platz geräumt. Alle die unzähligen Florideen sind in rote Tinten getaucht, bald in zarten Karmin, bald in tiefen Purpur, dann wieder in helles Braunrot und in dunkles Schwarzrot. Und wie wir in einem Buschwalde die unzähligen Abstufungen der grünen Farbe bewundern, so ergötzt sich hier das Auge an all den mannigfaltigen Schattierungen des Rot, mit welchen die verschiedenen bunt durcheinander gewürfelten Arten der Florideen prangen.

Verlassen wir nun die blaue Dämmerung der Meerestiefen, wie sie auf der Tafel bei S. 239 mit vollendeter Naturwahrheit zum Ausdrucke gebracht ist, betreten wir den Strand, an den die blauen Wellen anlaufen und mit weißem Gischte aufsprühen, erklimmen wir eine der Felsklippen, die sich dort über die Brandung erheben. Rings um uns helles Tageslicht, die breiten Terrassen der Klippe mit Pflanzen dicht bewachsen; alle von ungetrübten Sonnenstrahlen grell beleuchtet. Wo aber bleibt das frische Grün, das wir nach den obigen Erklärungen an den Kräutern und Büschen hier oben erwarten? Das ist nicht grünes, das ist graues Laub und Gezweige, das sind weißfilzige Stengel und Blätter, und das Ganze ist verwirkt und verbunden zu einem Pflanzenteppiche, der aussieht, als hätte man ihn mit Asche bestreut, oder als habe der Wind wochenlang aus der Nachbarschaft den Straßenstaub herbeigetragen und abgelagert. Die Pflanzen haben sich hier auf der sonnigen Felsplatte mit seidigen, wolligen und filzigen Kleidern versehen, welche das allzu grelle Licht abdämpfen sollen. *In der Meerestiefe und in den Grotten der Schieferfelsen war des Lichtes zu wenig; hier ist desselben zu viel.* Die Chlorophyllkörner vertragen weder das eine noch das andre. Sie brauchen Licht von einer bestimmten Stärke. Wird die für jede Art in dieser Beziehung genau bestimmte Grenzlinie überschritten, so geht das Chlorophyll zu Grunde. *Zu viel Licht kann für die Pflanze von nicht geringerm Nachteile sein, als wenn die Chlorophyllkörner wegen Lichtmangel zur Unthätigkeit verdammt wären.*

Wie rasch grelles Licht das Chlorophyll zu zerstören im stande ist, sieht man am besten an dem grünen Meersalate unten am Meeresstrande. Bei hochgehender See reißt eine Sturzwelle Fetzen der unter dem Namen Meersalat bekannten Ulvaceen von den Uferfelsen ab, eine zweite Welle spült das blattartige Gebilde beim Anlaufen auf den Kies des Strandes hinaus, und dort bleibt es mit anderm Auswurfe zwischen den Steinen liegen. Das Meer hat sich beruhigt, der Himmel hat sich geklärt, die Sonnenstrahlen brennen wieder mit ungeschwächter Kraft auf den schattenlosen Strand herab. Solange der Meersalat knapp unter der Oberfläche des Wassers an den Uferfelsen haftete, zeigte er ein herrliches Smaragdgrün. Die Wasserschichten, welche selbst zur Zeit der Ebbe einige Spannen hoch über ihm sich ausbreiteten, genügten, um das Sonnenlicht etwas abzudämpfen, aber die gestrandete Ulve entbehrt dieser lichtregulierenden Wasserschicht, und in wenigen Stunden ist das Chlorophyll zerstört, der Meersalat ist vergilbt und sieht aus wie ein Salatblatt, das eine Woche im dunkeln Keller gelegen hatte. Eine ähnliche Erscheinung sieht man auch an den Konferven und Spirogyren, welche mit ihren zu Flocken und Watte vereinigten Fäden die stehenden Wassertümpel erfüllen. Ein paar Dezimeter unter Wasser zeigen sie ein schönes dunkles Grün, hart an der Oberfläche des Wassers erscheinen sie

gelbgrün, und wenn der Wassertümpel austrocknet und die Fäden und Flocken auf den feuchten Schlamm zu liegen kommen, sind sie binnen ein paar Tagen ganz gebleicht. Das nicht gedämpfte Sonnenlicht hat das Chlorophyll in den Zellen vollständig zerstört.

Im Grunde des Buchenhaines erhebt der Waldmeister (Asperula odorata) seine in Wirteln um den Stengel gruppierten Blätter. Über ihm neigen sich die dicht belaubten Äste der Buchen zu einem Dache zusammen, durch dessen Lücken nur hier und da ein schwacher Sonnenstrahl den Weg in die Tiefe findet. In dem dämmerigen Lichte zeigen die Blattsterne des Waldmeisters eine tief dunkelgrüne Farbe. Nun erdröhnt die Axt des Holzhauers im Walde, die Buchen werden gefällt, das schattende Laubdach ist vernichtet und der Waldgrund den grellen Sonnenstrahlen ausgesetzt. Binnen wenig Wochen ist der Waldmeister nicht mehr zu kennen, er ist krank und bleich geworden, die Blattsterne haben ihr dunkles Grün eingebüßt, das Chlorophyll ist durch das grelle Licht zerstört worden. Und ähnlich wie dem Waldmeister ergeht es den Farnen. Im Düster des Waldgrundes zwischen steilwandigen Felsen und an nordseitigen, schattigen Gehängen sind sie tiefgrün gefärbt, an eine sonnige Stelle verschlagen, werden sie bleichsüchtig und bleiben dann auch auffallend im Wachstume zurück. Alle diese Pflanzen sind eben nicht darauf eingerichtet, sich für den Fall einer Änderung in der Besonnung ihres Standortes den neuen Verhältnissen anzupassen und sich gegen die ungeschwächt einfallenden Strahlen zu schützen. Sie passen nur für den schattigen Waldgrund, und ein Übermaß von Licht ist ihr Tod.

Wie aber sind die Gewächse an einem Standorte geschützt, wo während der ganzen Vegetationszeit Lichtfülle herrscht, wo die Sonne vom Aufgange bis zum Niedergange mit ungebrochener Kraft sich geltend macht? Es wurde schon oben angedeutet, daß die Pflanzen auf den breiten Rücken und Terrassen der Uferfelsen am Mittelländischen Meere in düsteres Grau gehüllt, in Seide oder Wolle gekleidet oder mit kleienartigen Schuppen bestreut sind und infolgedessen das frische Grün eingebüßt haben. Eigentlich ist es nicht ganz richtig, wenn gesagt wird, sie hätten das Grün eingebüßt; denn ihre parenchymatischen Zellen, namentlich jene des Palissaden- und Schwammgewebes in den Laubblättern, sind nicht weniger reich an Chlorophyllkörpern als jene der Schattenpflanzen. Nur haben sich aus den Zellen der Haut jene Gebilde entwickelt, welche früher (S. 294—298) als Deckhaare beschrieben wurden. Diese zelligen Gebilde, welche des Chlorophylls entbehren, überdecken das grüne Gewebe und verleihen so dem betreffenden Blatte eine graue oder weiße Farbe. Sie spielen die Rolle von Sonnenschirmen und Lichtdämpfern, und wenn man sie entfernt, so erscheint das Blatt so grün wie irgend eins, das im Waldesschatten gepflückt wurde.

Seidige, samtige und wollige Überzüge können also zweifellos die Funktion von Lichtdämpfern übernehmen. Wir begegnen daher so ziemlich denselben Einrichtungen, welche schon bei andrer Gelegenheit, nämlich bei Besprechung der Schutzmittel gegen zu weit gehende Verdunstung, behandelt wurden. Es werden eben durch dieselben Bildungen hier zwei Fliegen auf einen Schlag getroffen. Alle Mittel, welche die allzu grellen Sonnenstrahlen abhalten und dadurch die Zerstörung des Chlorophylls verhindern, setzen zugleich auch die Transpiration herab, und gerade aus dem Umstande, daß diesen Einrichtungen zwei für das Pflanzenleben so wichtige Funktionen zukommen, erklärt sich auch die große Verbreitung und große Mannigfaltigkeit derselben. Den Umständen angemessen, dem Standorte und der Jahreszeit angepaßt und im Einklange mit andern Ausbildungen wechseln sie bei den einzelnen Arten tausendfach ab und zeigen so eine kaum erschöpfend darzustellende Mannigfaltigkeit. Außer den Deckhaaren, welche sich als Schutz und Schirm gegen zu intensives Licht und zugleich auch gegen eine zu weit gehende Verdunstung über das grüne Gewebe stellen, kommen selbstverständlich

auch noch alle die andern früher besprochenen Einrichtungen in Betracht. Die Ausbildung einer oder mehrerer Lagen von mit wässerigem Zellsafte gefüllten Zellen über dem den Sonnenstrahlen ausgesetzten Gewebe, die Verdickung der Kutikularschichten, die wachsartigen und firnisartigen Überzüge, die Kalkkrusten und Salzausscheidungen, die Verkleinerung des bestrahlten Teiles der Blattoberfläche, die Bildung von Runzeln, Falten, Grübchen und Furchen auf den besonnten Laubflächen: das alles vermag die Strahlen zu brechen und abzudämpfen und ihre Intensität auf das richtige Maß zurückzuführen.

Die Zahl der besondern Vorrichtungen, welche nur das Chlorophyll gegen Zerstörung durch allzu grelles Licht sichern, ohne zugleich auch das grüne Gewebe vor zu weit gehender Verdunstung zu schützen, ist gewiß nur eine sehr geringe. Am ehesten könnte hier an die trocknen, dünnhäutigen Schuppen gedacht werden, welche bei manchen Pflanzen zwischen die grünen Blätter eingeschaltet sind. So sieht man z. B. an den Arten der Gattung Paronychia, welche sämtlich an sonnigen Plätzen ihren Standort haben, daß knapp neben jener Stelle des Stengels, von welcher die kleinen, grünen Blätter entspringen, auch silberglänzende, chlorophylllose, durchscheinende Schuppen ausgehen. Diese Schuppen, welche man als Nebenblättchen bezeichnet, und die gewöhnlich so groß, mitunter sogar größer als die grünen Blättchen sind, nehmen in der freien Natur an den auf schattenlosen Hügeln wachsenden Stöcken eine solche Lage ein, daß die Sonnenstrahlen zunächst auf sie wie auf einen Schirm einfallen und nur abgedämpft auf die grünen Blättchen kommen.

Eine andre Einrichtung, welche zwar die Zerstörung des Chlorophylls durch die Sonnenstrahlen, nicht aber auch die Transpiration zu beschränken im stande ist, besteht in der Ausbildung eines blauen oder violetten Farbstoffes in jenen Zellen, welche die von den Sonnenstrahlen unmittelbar getroffene Oberhaut der Blätter und Stengel zusammensetzen. Man findet eine solche Einrichtung z. B. an den Blättern der aromatischen, unter dem Namen Bohnenkraut in den Gärten kultivierten, in dem mittelländischen Florengebiete ursprünglich wild wachsenden Satureja hortensis, von welcher ein kleines Stück im Durchschnitte auf der Tafel bei S. 22, Fig. q, in Farbendruck zur Anschauung gebracht ist. Bevor der Sonnenstrahl zu den Chlorophyllkörpern der grünen Zellen in der Mitte des Blattes gelangt, muß derselbe diese mit violettem Safte erfüllten Hautzellen passieren und wird hier so abgedämpft und auch sonst so verändert, daß von einem nachteiligen Einflusse auf die Chlorophyllkörner keine Rede mehr sein kann. Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß der violette, lichtdämpfende Farbstoff in den Hautzellen desto reichlicher entwickelt wird, je intensiver das Licht ist, dem man die betreffende Pflanze aussetzt. Wachsen die Stöcke des Bohnenkrautes an schattigen Stellen, so erscheinen deren Blätter oberseits grün, und es sind in den Hautzellen kaum Spuren des blauen Farbstoffes zu entdecken; sind sie dagegen auf schattenlosem Gelände aufgekeimt, so färben sich Stengel und Blätter trübviolett, und der Zellsaft in den Hautzellen ist dann von jenem tiefen Kolorit, wie es die Fig. q der Tafel bei S. 22 zeigt. Ich habe Samen des Bohnenkrautes vor Jahren auch in meinem nahe der Kuppe des Blasers bei Trins in Tirol in der Seehöhe von 2195 m angelegten alpinen Versuchsgarten kultiviert. Bekanntlich wirken die Sonnenstrahlen in der Alpenregion noch viel kräftiger als im Thale, und es war daher wohl zu erwarten, daß sich die Blätter der aufkeimenden Pflanzen dort noch dunkler als an der schattenlosen Kulturstätte im Thale färben würden. In der That entwickelte sich auch der Farbstoff in außerordentlich großer Menge, ja die Stengel und Blätter wurden geradezu dunkel braunviolett. Es steht daher außer Frage, daß mit Zunahme der Lichtintensität auch die Menge des Farbstoffes in den direkt von der Sonne getroffenen Hautzellen zunimmt. Selbstverständlich kann dieser Schutz des Chlorophylls nur dann vorkommen, wenn die Pflanze auch das Zeug dazu hat, den blauen Farbstoff in ihren

grünen Organen zu bilden. Wenn das nicht möglich ist, wenn die eigenartige Konstitution des Protoplasmas die Ausbildung des genannten Farbstoffes in den Laubblättern nicht zuläßt, muß das Chlorophyll auf andre Weise gegen das grelle Licht geschützt werden. Und ist die Pflanzenart überhaupt nicht befähigt, an dem neuen Standorte sich das Übermaß der Sonnenstrahlen vom Leibe zu halten, so geht sie ganz zu Grunde. Neben dem Bohnenkraute wurde in dem alpinen Versuchsgarten auch der Lein (Linum usitatissimum) ausgesäet, eine Pflanze, welche das direkte Sonnenlicht ganz gut verträgt und im Thale sowie in der Ebene an sonnigen Stellen am besten gedeiht. Aber das Licht der alpinen Region war den aufgekeimten Leinpflanzen doch zu grell, die Blätter wurden gelblich, das Chlorophyll in denselben wurde zerstört, und die Pflänzchen gingen an Bleichsucht zu Grunde. Der Lein hat eben nicht die Fähigkeit, in seinen Oberhautzellen den blauen Farbstoff zu erzeugen, und ebensowenig ist er darauf eingerichtet, Deckhaare an den Blättern und Stengeln auszubilden oder die Kutikularschichten entsprechend zu verdicken, mit einem Worte, sich dem Standorte anzupassen und sich bei zunehmender Lichtintensität mit den entsprechenden Sonnenschirmen und Lichtdämpfern zu versehen. Während nebenan das Bohnenkraut, das doch einer ebenso großen Wärme und einer ebenso langen Vegetationszeit bedarf wie der Lein, zur Blüte gelangte und auch keimfähige Früchte reifte, war der Lein noch vor der Entwickelung von Blüten abgestorben.

Aus diesen Kulturversuchen geht zweierlei hervor: erstens, daß sehr grelles Licht die Verbreitung der Pflanzen zu beeinflussen und manchen derselben eine unüberwindliche Schranke zu setzen im stande ist, und zweitens, daß manche Pflanzen die Fähigkeit haben, sich den verschiedenen Abstufungen der Lichtstärke anzupassen, infolgedessen aber mitunter ein so abweichendes Gepräge erhalten, daß man sie für ganz verschiedene Arten halten möchte. Ich komme später bei Besprechung der Entstehung neuer Arten auf diese Ergebnisse der Kultur ohnedies nochmals zurück, an dieser Stelle wurde ihrer nur aus dem Grunde gedacht, um den Zusammenhang gewisser Merkmale der Gewächse mit den Verhältnissen der Beleuchtung zu begründen und klarzustellen, wie es kommt, daß die den Sonnenstrahlen direkt ausgesetzten Flächen des Laubes so häufig violett oder rötlich gefärbt oder auch mit Deckhaaren ganz überzogen sind, während die Blätter der gleichen Art, wenn sie sich an beschatteten Stellen in zerstreutem Lichte entwickelt haben, grün gefärbt und fast kahl bleiben; wie es kommt, daß die Stöcke einer und derselben Art im tiefen Thale nur spärlich behaart oder nur mit dünnen Kutikularschichten ausstaffiert, auf dem sonnigen Grate des Hochgebirges in dichten grauen oder weißen Pelz gehüllt oder infolge mächtig entwickelter Kutikularschichten dick und fast lederig erscheinen. Um Mißverständnissen vorzubeugen, muß freilich schon hier darauf hingewiesen werden, daß das alles nur für die dem direkten oder zerstreuten Sonnenlichte ausgesetzte Haut über dem grünen Gewebe, vorzüglich also für die obere Seite der Laubblätter gilt, und daß dem blauen Farbstoffe und auch den Deckhaaren, wenn sie an der untern Seite des Laubes oder an den chlorophyllfreien Blumenblättern entwickelt sind, eine wesentlich andre Bedeutung zukommt, die erst in den nächsten Abschnitten eingehender erörtert werden kann.

Bei Besprechung der Schutzmittel des grünen Gewebes gegen die Gefahren einer zu weit gehenden Transpiration (s. S. 283) wurde auch auf die Vertikalstellung der grünen Zweige, Flachsprosse, Phyllodien und vorzüglich der grünen Laubblattflächen hingewiesen. Es wurden dort insbesondere die Blätter der Schwertlilien und der sogenannten Kompaßpflanzen, die flächenartig ausgebreiteten und dabei mit der Kante gegen den Zenith gerichteten Blattstiele so vieler neuholländischer Bäume und Sträucher besprochen und schließlich erörtert, daß die Blättchen vieler Schmetterlingsblütler und die Blätter zahlreicher Gräser durch Herabschlagen, Aufrichten und Zusammenfalten zeitweilig eine Lage erhalten, in

welcher nicht die Breitseite, sondern die Schmalseite von den Strahlen der Mittagssonne scheitelrecht getroffen wird.

Eine Blattfläche, welche eine derartige Stellung zur Sonne einnimmt, wird viel weniger verdunsten als ein Laubblatt, auf dessen Breitseite die Sonnenstrahlen zur Mittagszeit senkrecht oder nahezu senkrecht einfallen. Es ist durch eine solche Lage des Blattes aber auch ein Schutz gegen die zu grelle Beleuchtung am Mittage gegeben. Die Strahlen, welche am Morgen und Abend eine vertikal gestellte Blattfläche senkrecht treffen, sind nicht so intensiv, daß durch sie das Chlorophyll zerstört werden könnte, sie haben vielmehr gerade jene Intensität, deren die Chlorophyllkörper zu ihrer Thätigkeit bedürfen. Es wird daher durch diese Einrichtung die Funktion der Chlorophyllkörper nicht beschränkt, sondern im Gegenteile gefördert, und man kann in diesem Sinne die Vertikalstellung der grünen Flächen auch als eine Einrichtung zur Regulierung der Thätigkeit der Chlorophyllkörper ansehen.

Es ist nach dieser Erklärung begreiflich, daß man niedere Gewächse mit vertikal gestellten Blattflächen niemals an schattigen Stellen antrifft. Im Grunde des dichten Waldes wachsen keine Schwertlilien und keine Kompaßpflanzen. Diese sind auf den Rücken felsiger, unbewaldeter Berge und auf den baumlosen Prärien zu Hause, und wenn es schon einmal vorkommt, daß der Same einer solchen Pflanze in den Waldesschatten verschlagen wird, dort aufkeimt und Laubblätter entwickelt, so geben die Blattflächen ihre Vertikalstellung auf und drehen und beugen sich so lange, bis ihre Breitseite dem spärlich eindringenden zerstreuten Lichte zugewendet ist. Fällt das Licht von oben durch die Lücken der Baumkronen ein, so richtet sich die Blattfläche horizontal und stellt sich parallel zum Erdboden; schließen sich die Kronen der Bäume zu einem ganz dichten, lückenlosen Dache zusammen, und fällt das zerstreute Licht seitlich zwischen den Baumstämmen ein, so neigen und wenden sich die Blattspreiten dem Ausgange des Waldes zu, und es macht den Eindruck, als ob sie sehnsüchtig auf das sonnige Gelände hinausblickten, das an den dichten, tiefschattigen Hochwald angrenzt.

Ähnliches sieht man übrigens auch unter jedem schattigen, kleinen Busche und überhaupt an allen Orten, wo sich ungleich hohe Pflanzen übereinander schichten, und wo die Blätter der niedern von den Blättern der höhern überdacht werden. Wenn es verschiedene Pflanzenarten sind, so ist von einer Rücksichtnahme der einen auf die andern keine Rede. Jede Art sieht nur auf sich selbst, und die hochwüchsigen Arten kümmern sich nicht um das niedere Zeug, das unter ihren Blättern dem Boden entsprießt. Sind dort in der Tiefe Gewächse, welche mit dem zerstreuten Lichte und den grünen, durch das Blätterdach herabkommenden Strahlen ihr Auskommen finden, gut; wenn nicht, so müssen diese niedern Pflanzen im Schatten verderben. Anders dann, wenn die übereinander geschichteten Blätter einem und demselben Zweige, einem und demselben Stocke angehören, wenn sie einträchtig zum Heile der ganzen Pflanze zusammenwirken müssen, wenn das Ganze nur bei harmonischer Arbeitsteilung im Kampfe ums Dasein sich zu erhalten vermag. Da muß Vorsorge getroffen sein, daß kein Blatt dem andern zu viel Licht wegnimmt, daß eins das andre schützt und unterstützt, daß die Nachbarn sich nicht hindern, wenn sich einer oder der andre neigen, wenden und strecken soll, wie es für ihn mit Rücksicht auf das einfallende Licht gerade am zweckmäßigsten ist.

Und diese Vorsorge ist auch getroffen. Sie ist getroffen erstens durch die Stellung der Blätter an dem Stengel oder, mit andern Worten, durch die Regelung des Abstandes, welchen die Ursprungsstellen der benachbarten Blätter zeigen, zweitens dadurch, daß die Träger der grünen Blattflächen die Fähigkeit haben, sich zu drehen und zu krümmen, zu heben und zu senken und nach Bedürfnis auch zu verlängern, und drittens durch den Zuschnitt, welchen die Blattflächen besitzen.

2. Die grünen Blätter.

Inhalt: Verteilung der grünen Blätter am Umfange des Stengels. — Beziehungen der Lage zur Gestalt der grünen Blätter. — Einrichtungen zum Festhalten der angenommenen Lage. — Schutzmittel der grünen Blätter gegen die Angriffe der Tiere.

Verteilung der grünen Blätter am Umfange des Stengels.

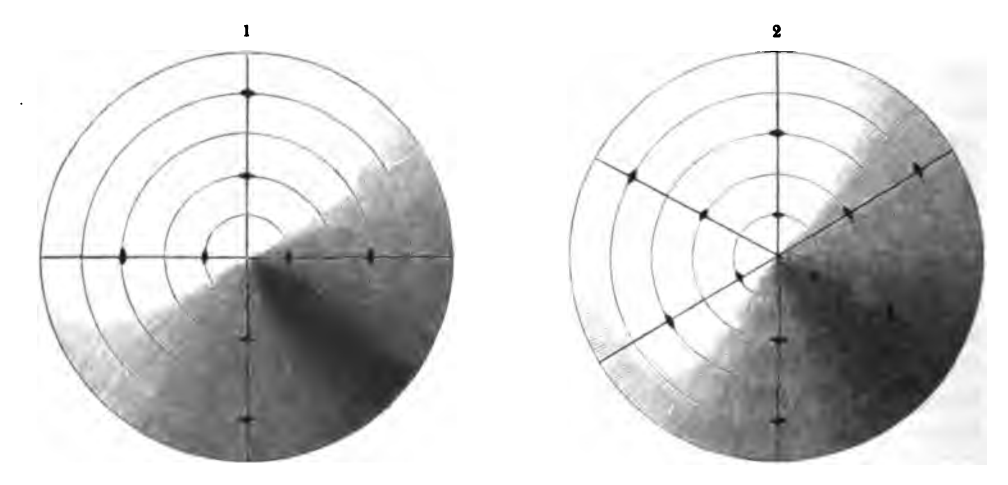
Landschaftsmaler wissen davon zu erzählen, wie schwierig es ist, den „Baumschlag" richtig und zugleich künstlerisch zu behandeln, wie schwierig es insbesondere ist, die belaubten Kronen von Ahornen, Buchen, Rüstern, Linden und Eichen so wiederzugeben, daß man sie sofort als das erkennt, was sie darstellen sollen, und daß zugleich auch jene Wirkung und Stimmung hervorgebracht wird, welche mit dem Bilde beabsichtigt ist. Diese Verschiedenheit des Baumschlages wird nun nicht zum wenigsten durch die Verteilung der grünen Blätter am Umfange der Zweige und durch die damit zusammenhängende Verästelung veranlaßt, welche für jede Baumart und überhaupt für jede Pflanze auf das genaueste geregelt sind.

Schneidet man sich verschiedene belaubte Zweige und betrachtet am Umfange derselben die Verteilung der Blätter, so fällt zunächst folgende Verschiedenheit in die Augen. An zahlreichen Pflanzen sieht man, daß genau in derselben Höhe eines Zweiges zwei oder mehr Blätter entspringen, während an vielen andern Gewächsen von einer und derselben Höhe des Stengels oder der Achse immer nur ein einziges Blatt ausgeht. Um diese Verhältnisse übersehen zu können, ist es vorteilhaft, sich den blättertragenden Sproß oder Stengel als einen Kegel zu denken. Der Scheitelpunkt des Kegels entspricht dem obern Endpunkte und die Basis des Kegels der Basis, beziehentlich dem ältesten Teile des Sprosses. Der ganze Sproß ist nicht auf einmal fertig, er wächst an der Spitze fort und ist nach oben zu nicht nur jünger, sondern auch weniger beleibt als an dem der Basis naheliegenden ältern Teile. Er kann also in der That mit einem Kegel ganz gut verglichen werden, wenn diese Gestalt auch nur selten so auffallend hervortritt wie in den folgenden schematischen Zeichnungen.

Was von dem Alter der verschiedenen Teile des Sprosses gilt, hat natürlich auch für die von dem Sprosse ausladenden Blätter Geltung, d. h. die untern Blätter eines Sprosses sind die ältern, die obern sind die jüngern. Wenn man auf die Spitze des Kegels blickt (s. Abbildung, S. 368), so erscheinen die Ausgangspunkte der ältern Blätter zunächst dem Umfange jener kreisförmigen Scheibe, welche die Basis des Kegels bildet, während die jüngsten Blätter nahe dem Scheitelpunkte, demnach dem Mittelpunkte genähert, entspringen. Durch die Blätter wird der Stengel gewissermaßen in übereinander stehende Absätze geteilt. Gewöhnlich ist derselbe an den Stellen, wo von ihm Blätter ausgehen, etwas verdickt oder knotenförmig angeschwollen, und man bezeichnet daher die Ursprungsstellen der Blätter als Stengelknoten, jedes zwischen zwei aufeinander folgenden Knoten liegende Stengelstück aber als Internodium oder Stengelglied. Wenn von einem und demselben Höhenpunkte des Stengels zwei Blätter ausladen, so sind diese einander gegenübergestellt wie etwa die zwei ausgestreckten Arme des menschlichen Körpers, und sie erscheinen an dem kegelförmigen Stengel, dessen Querschnitt in allen Höhen einen Kreis vorstellt, genau um die Hälfte des Kreisumfanges (180°) voneinander entfernt (Fig. 1 der Abbildung auf S. 368). Entspringen in einer und derselben Höhe des Stengels drei Blätter, wie z. B. bei dem Oleander, so sind diese in horizontaler Richtung um den dritten Teil des Kreisumfanges (120°) voneinander entfernt. Sämtliche in einer Höhe entspringende Blätter bilden

zusammen einen **Wirtel**, und die Entfernung der einzelnen Glieder eines Wirtels voneinander nennt man den **Horizontalabstand** oder die **Divergenz**. Der Horizontalabstand beträgt in Fig. 1 ½, in Fig. 2 ⅓ des Kreisumfanges, und man kann das auch ganz kurz durch Angabe dieser Zahlen zum Ausdrucke bringen.

Sehr merkwürdig ist, daß die dem Alter nach aufeinander folgenden und übereinander stehenden Wirtel eines und desselben Sprosses nicht an den gleichen Stellen des Umfanges ihren Ursprung nehmen, sondern regelmäßig gegeneinander verschoben sind. So sieht man die Ausgangspunkte des zweiten zweigliederigen Wirtels in Fig. 1 gegen die Ausgangspunkte des ersten, ältesten und untersten zweigliederigen Wirtels um den vierten Teil des Kreisumfanges (d. h. um 90°, einem rechten Winkel) verschoben. Der dritte zweigliederige Wirtel ist gegen das zweite Blattpaar wieder um einen rechten Winkel verschoben, und so geht das fort und fort am Stengel hinauf, soweit an demselben überhaupt Laubblätter zu sehen sind.



Schema für wirtelige Blattstellungen: 1. Zweigliederige Wirtel. — 2. Dreigliederige Wirtel. Vgl. Text, S. 367 u. 368.

Ist der Stengel verlängert, so erscheinen an demselben in dem besprochenen Falle vier **geradlinige Zeilen (Orthostichen)** entwickelt (s. Fig. 1). Wurde ein Wirtel aus drei Blättern gebildet, und waren die aufeinander folgenden Wirtel um den sechsten Teil des Kreisumfanges verschoben, wie beispielsweise am Oleander (s. Fig. 2), so entstehen sechs geradlinige Zeilen von Blättern, welche parallel zu einander am Stengel hinauflaufen.

Man kann sich den beblätterten Stengel auch in **Stockwerke** geteilt vorstellen, in Stockwerke, von welchen jedes die gleiche Zahl, Stellung und Verteilung der Blätter zeigt und in seinem Bauplane mit den anstoßenden Stockwerken vollkommen übereinstimmt. In dem einen Falle (Fig. 1) ist jedes Stockwerk mit vier kreuzweise gestellten Blättern, in dem andern Falle (Fig. 2) mit zweimal drei um 60° gegeneinander verschobenen Blättern besetzt. Würde man die übereinander stehenden Stockwerke trennen, so würden sie in der Anlage einander zum Verwechseln ähnlich sehen. Jedes fängt unten genau so an und hört oben genau so auf wie das unter ihm und das über ihm stehende, und der einzige Unterschied liegt darin, daß die dem Gipfel des Zweiges näher liegenden Abschnitte kleinere Abmessungen und manchmal auch etwas andern Umriß ihrer Bausteine oder Glieder zeigen; **der Bauplan aber ist, wie gesagt, in den übereinander folgenden Stockwerken ganz derselbe.**

In jenen Fällen, wo jedem Stockwerke zwei Wirtel von Blättern angehören, die gegeneinander um einen bestimmten Winkel verschoben sind, insbesondere in jenem sehr häufigen Falle, wo die Wirtel zweigliederig, d. h. die Blätter zu zwei und zwei gegenständig sind, und

wo die übereinander stehenden Blattpaare abwechselnd um einen rechten Winkel gegeneinander verschoben, also kreuzweise gestellt erscheinen, nennt man die Blätter dekussiert. Man trifft diese Anordnung insbesondere bei Ahornen und Eschen, dem Flieder und Ölbaume, dem Holunder und Geißblatte, den Kornelkirschen und Myrtengewächsen, den Lippenblütlern, Gentianeen, Apocyneen und zahlreichen andern Pflanzenfamilien.

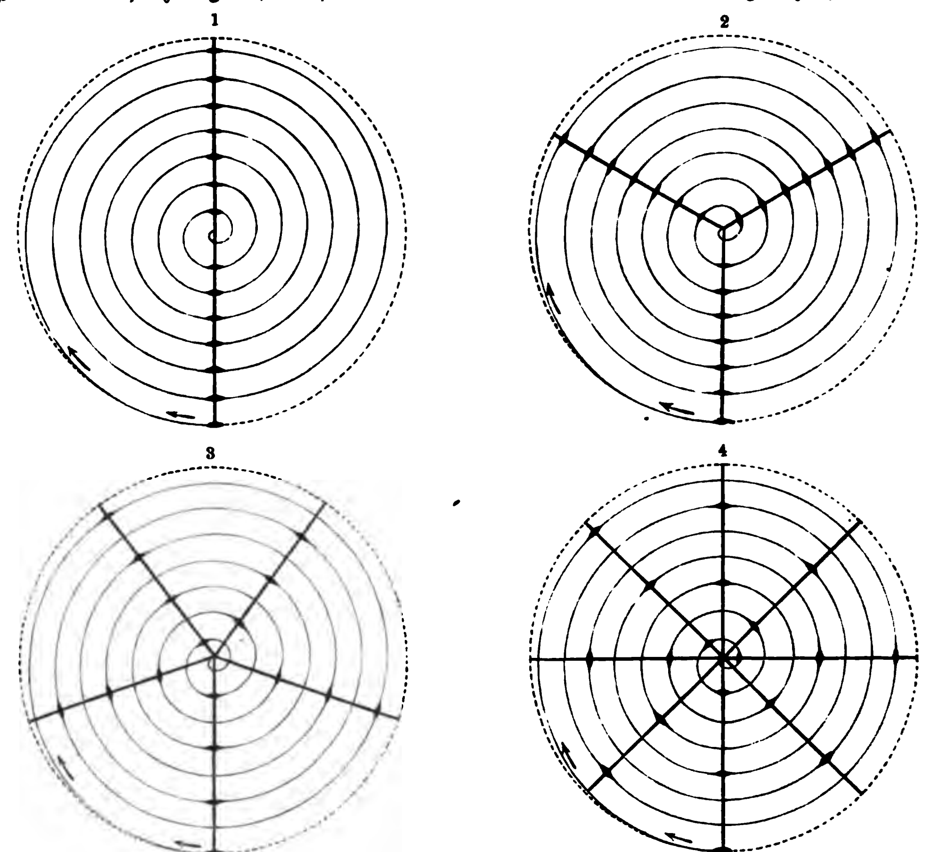
Noch häufiger aber als diese Stellung der Blätter ist jene, welche man als die schraubige bezeichnet hat. Da entspringt in einer und derselben Höhe immer nur ein Blatt vom Stengel, und die sämtlichen Blätter eines Stengels sind daher nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung auseinander gerückt. Würde man sich die Knotenpunkte eines Stengels mit dekussierten Blättern so in die Länge verschoben denken, daß die Blätter nicht mehr in gleicher Höhe, sondern in bestimmten Abständen übereinander entspringen, so würde aus der dekussierten, beziehentlich wirteligen die schraubige Stellung hervorgehen. An manchen Weiden (z. B. Salix purpurea), sehr regelmäßig auch an einigen Wegdornarten (z. B. Rhamnus cathartica), an den Ehrenpreisarten (z. B. Veronica spicata und longifolia) und ebenso an mehreren Korbblütlern kommen an einem und demselben Stengel teilweise wirtelig, teilweise schraubig gestellte Blätter vor, und es gehen die einen unzweifelhaft in die andern über; mit Rücksicht auf die Übersichtlichkeit empfiehlt es sich aber, sie auseinander zu halten und eine wenn auch künstliche Grenze zu ziehen.

Man kann an Stengeln mit schraubig gestellten Blättern gerade so wie bei jenen, welche Blattwirtel tragen, beobachten, daß sie sich aus mehreren Stockwerken aufbauen, welche untereinander den gleichen Bauplan zeigen, so daß in jedem Stockwerke die Zahl, Stellung und Verteilung der Blätter sich wiederholen. Und zwar findet man besonders häufig die nachfolgenden Baupläne realisiert.

Erster Fall. In einem Stockwerke entspringen vom Umfange des Stengels nur zwei Blätter. Diese beiden Blätter sind nicht nur in vertikaler, sondern auch in horizontaler Richtung gegeneinander verschoben, und zwar beträgt ihr horizontaler Abstand die Hälfte des Kreisumfanges (180°), wie in dem S. 370 eingeschalteten Schema in Fig. 1 zu sehen ist. Zieht man von dem Ansatzpunkte jedes untern ältern zu jenem des nächst obern jüngern Blattes an der Stengeloberfläche eine fortlaufende Linie, so zeigt diese die Gestalt einer Schraube. Man hat sie die Grundspirale genannt. In dem hier erörterten ersten Falle bildet sie in jedem Stockwerke nur einen einfachen Schraubenumgang. Diese Anordnung wiederholt sich in einem zweiten, in einem dritten und vielleicht noch in vielen andern Stockwerken, die an demselben Stengel übereinander folgen. Das untere Blatt des zweiten, dritten, vierten Stockwerkes kommt dabei immer genau über das untere Blatt des ersten Stockwerkes zu stehen. Dasselbe gilt von den obern Blättern sämtlicher Stockwerke. So entstehen am Umfange des Stengels zwei geradlinige Zeilen oder Orthostichen aus übereinander stehenden Blättern; die beiden Zeilen stehen sich gegenüber, oder, was dasselbe sagen will, sie sind um $^1/_2$ des kreisförmigen Stengelumfanges voneinander entfernt. Diese Blattstellung, welche man z. B. an den Zweigen von Rüstern (Ulmus) und Linden (Tilia) beobachtet, wird die Einhalb-Stellung genannt.

Zweiter Fall. In einem Stockwerke sind drei Blätter entwickelt, jedes in einer andern Höhe, ein unteres, ein mittleres und ein oberes. In horizontaler Richtung erscheinen je zwei im Alter aufeinander folgende Blätter um den dritten Teil des Kreisumfanges gegeneinander verschoben (s. Fig. 2 auf S. 370). Wenn der untere Blattansatz mit dem mittlern und dieser mit dem obern durch eine Linie verbunden werden und diese Linie bis zum Beginne des nächsten Stockwerkes fortgeführt wird, so ergibt sich ein einmaliger Schraubenumgang um den Stengel. Nun folgt über dem eben beschriebenen Stockwerke, das wir als das unterste annehmen, ein zweites und zwar wieder mit drei Blättern genau in

derselben Anordnung. Das untere Blatt des zweiten Stockwerkes kommt senkrecht über dem untern Blatte des ersten Stockwerkes, das mittlere über dem mittlern, das obere über dem obern zu stehen, und so geht das fort durch sämtliche Stockwerke. Auf diese Weise entstehen am Umfange des Stengels drei geradlinige Zeilen oder Orthostichen aus übereinander stehenden Blättern, und jede der Zeilen ist von den beiden andern um $^1/_3$ des Kreisumfanges entfernt. Diese Stellung, welche man an aufrechten Erlen-, Hasel-nuß- und Buchenzweigen findet, wird als die Eindrittel-Stellung bezeichnet.

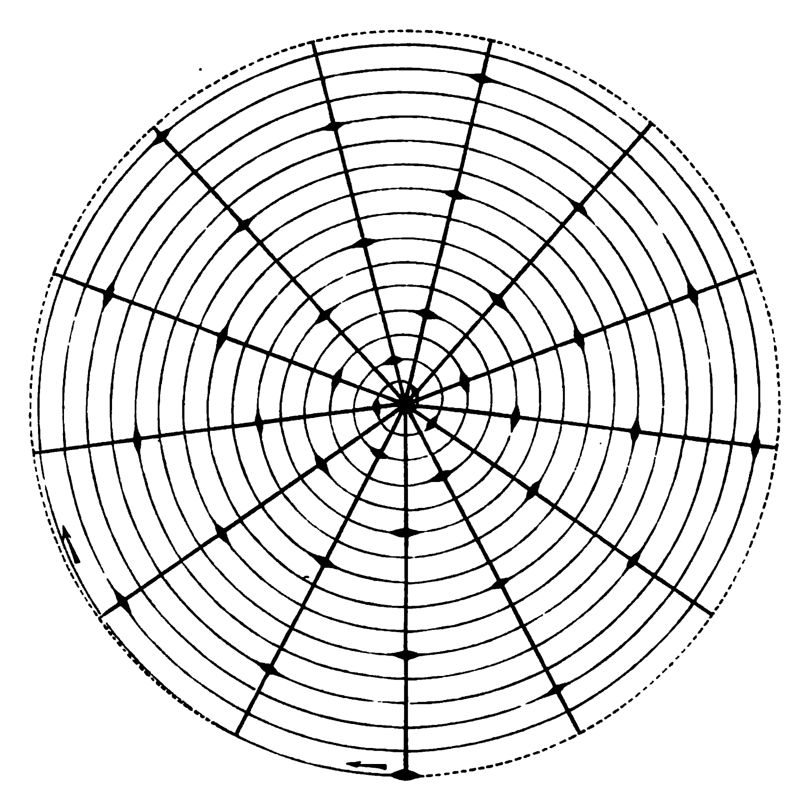


Schema für schraubige Blattstellungen: 1. Einhalb-Stellung. — 2. Eindrittel-Stellung. — 3. Zweifünftel-Stellung. — 4. Dreiachtel-Stellung. Die kegelförmigen Stengel in der Horizontalprojektion; die Ausgangspunkte der Blätter am Umfange des Stengels durch Punkte markiert. Vgl. Text, S. 369—371.

Dritter Fall. In einem Stockwerke entspringen fünf Blätter, die dem Alter nach als erstes, zweites, drittes, viertes und fünftes zu bezeichnen sind. Das unterste ist das älteste, das oberste das jüngste. Diese fünf Blätter weichen einander in horizontaler Richtung aus, und zwar beträgt die Verschiebung, beziehentlich der horizontale Abstand zweier im Alter aufeinander folgender Blätter $^2/_5$ des Kreisumfanges (s. obenstehendes Schema, Fig. 3). Verbindet man die fünf Blätter nach ihrer Altersfolge, so erhält man eine Schraubenlinie, welche zwei Umgänge bildet, und die Grundspirale macht demnach hier zwei Touren um den Stengel. Wenn sich ein Stengel mit dieser Anordnung der Blätter aus zwei oder mehreren Stockwerken aufbaut, so kommen die gleichnamigen Blätter in geraden Zeilen übereinander zu stehen, die ersten (untersten) Blätter sämtlicher Stockwerke bilden zusammen eine gerade Zeile (Orthostiche), ebenso die zweiten, die dritten rc. Auf

diese Weise entwickeln sich am Umfange des Stengels fünf Zeilen aus übereinander stehenden Blättern, und jede Zeile ist von der andern um $^1/_5$ des Kreisumfanges entfernt. Man bezeichnet diese Stellung, welche man z. B. an den Eichen, an den Salweiden und an mehreren Wegdornen findet, als die Zweifünftel-Stellung.

Vierter Fall. In jedem Stockwerke finden sich acht Blätter, die man wieder dem Alter nach mit Nr. 1—8 bezeichnen kann. Je zwei der aufeinander folgenden Blätter weichen sich in horizontaler Richtung um $^3/_8$ des Kreisumfanges aus (s. das Schema auf S. 370, Fig. 4). Zieht man, vom untersten ersten Blatte angefangen, eine Linie, welche sämtliche acht Blätter des Stockwerkes in der Altersreihe verbindet, so stellt sich diese als eine Schraubenlinie oder Grundspirale dar, welche drei Umgänge um den Stengel macht.



Schema für die Fünfdreizehntel-Stellung. Vgl. Text, S. 372.

An einem Stengel, der sich aus mehreren solcher Stockwerke aufbaut, kommen wieder die mit den gleichen Nummern versehenen Blätter in geraden Zeilen übereinander zu stehen, und man sieht daher acht geradlinige Zeilen am Stengel hinauflaufen. Jede Zeile ist von der benachbarten um $^1/_8$ des Kreisumfanges entfernt. Diese Stellung, welche z. B. an Rosen und Himbeeren, an Birnen und Pappeln, am Goldregen und Sauerdorne vorkommt, wird die Dreiachtel-Stellung genannt.

Besonders häufig findet man an Bäumen und Sträuchern mit schmalen Blättern, so namentlich am Mandelbaume, am Bocksdorne, an der Lorbeerweide, dem Sanddorne und mehreren Spierstauden, einen weitern fünften Fall, in welchem ein Stockwerk 13 Blätter enthält, die durch eine Schraubenlinie, beziehentlich Grundspirale mit fünf Umgängen verbunden werden können. Die Zahl der geraden Zeilen beträgt dann

dreizehn und die Entfernung von zwei dem Alter nach aufeinander folgenden Blättern $5/13$, das ist 138° des Kreisumfanges. (S. Schema auf S. 371.)

Nicht so häufig oder, vielleicht besser gesagt, nicht mit gleicher Bestimmtheit nachweisbar sind die Fälle, wo ein Stockwerk 21 Blätter zeigt, welche durch eine Grundspirale mit acht Umgängen verbunden werden, und wo ein Stockwerk 34 Blätter umfaßt, die durch eine Grundspirale mit 13 Umgängen verkettet werden. In dem einen Falle weichen sich je zwei im Alter aufeinander folgende Blätter eines Stockwerkes um $8/21$, in dem andern um $13/34$ des Kreisumfanges aus, oder, was auf dasselbe hinauskommt, in dem einen Falle sind 21, in dem andern 34 Orthostichen vorhanden.

Stellt man diese thatsächlich beobachteten Vorkommnisse zusammen, so ergibt sich die Reihe $1/2, 1/3, 2/5, 3/8, 5/13, 8/21, 13/34 \ldots$

Hiermit ist aber die Mannigfaltigkeit der Stellungsverhältnisse der Blätter noch lange nicht erschöpft. Es wurden, wenn auch selten, Fälle beobachtet, die man in der Reihe $1/4, 1/5, 2/9, 3/14, 5/23 \ldots$, dann in der Reihe $1/4, 2/7, 3/11, 5/18 \ldots$ zusammenstellte. In allen diesen Reihen fällt die sehr beachtenswerte Eigentümlichkeit auf, *daß in jedem einzelnen Bruche der Zähler gleich ist der Summe der Zähler und der Nenner gleich ist der Summe der Nenner beider vorhergehender Brüche.*

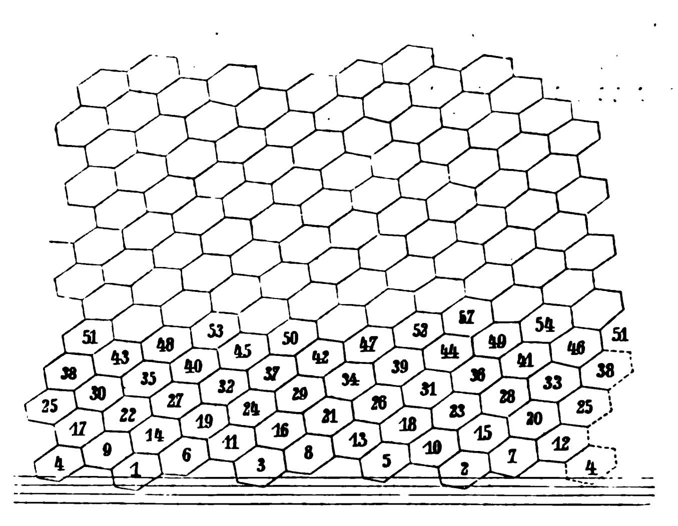
Es muß übrigens hier ausdrücklich hervorgehoben werden, daß die Entfernung, um welche sich die im Alter aufeinander folgenden Blätter in horizontaler Richtung ausweichen, desto schwieriger festzustellen ist, je kleiner dieselbe wird. Die Eindrittel-, Zweifünftel- und Dreiachtel-Stellung ist an den ausgewachsenen Sprossen meistens leicht nachzuweisen, obschon auch da mitunter Zweifel auftauchen, ob die drei, beziehentlich fünf und acht Orthostichen vollkommen gerade Linien darstellen; der Nachweis der Acht-Einundzwanzigstel- und Dreizehn-Vierunddreißigstel-Stellung ist aber, zumal an grünen, krautartigen Stengeln, ein sehr schwieriger und unsicherer.

Es gibt auch nur wenige Pflanzen, an deren Zweigen oder Achsen mehrere Stockwerke mit 21 oder mit 34 Blättern übereinander folgen. Dagegen kommt es vor, daß an manchen Sprossen nicht einmal ein Stockwerk ganz ausgebaut ist, oder, mit andern Worten, daß unter mehr als 100 Blättern, die von einer Achse ausladen, nicht 2 zu finden sind, welche genau senkrecht übereinander stehen, so daß man dann von geradlinigen Orthostichen nicht sprechen kann. An manchen reichbeblätterten Nadelholzzapfen sucht man z. B. vergeblich nach geradlinigen Zeilen und ist nicht im stande, auch nur annähernd anzugeben, wie viele Blätter ein Stockwerk umschließt. Es ist auch die Vermutung ausgesprochen worden, daß in solchen Fällen die Zahl der Blätter eines Stockwerkes eine unendlich große ist, wonach der Bruch, durch welchen solche Blattstellungsverhältnisse ausgedrückt werden, eine irrationale Größe bilden würde.

An solchen Sprossen ist es, zumal dann, wenn die Blätter recht zusammengedrängt sind, auch nichts weniger als leicht, die *Altersreihe festzustellen*, d. h. die Blätter mit denjenigen Nummern zu bezeichnen, welche ihre Altersfolge angeben. Es ist das um so schwieriger, *als sich an solchen sehr dicht und reich beblätterten Achsen die Blätter in schraubenförmige Reihen oder Zeilen ordnen, welche weit mehr in die Augen fallen als die Altersreihe oder Grundspirale.* Man hat diese schraubenförmigen Reihen, die man an den Sprossen vieler Fettpflanzen (Sedum, Sempervivum), an den Arten von Pandanus und Yucca, an den Zweigen von Bärlappen und Koniferen, besonders auffallend auch an den Blütenständen der Korbblütler und den Zapfen vieler Nadelhölzer beobachtet, und für welche als Beispiel ein Fichtenzapfen in der Abbildung auf S. 373 vorgeführt werden mag, mit dem Namen *Parastichen* bezeichnet. Man kann sie benutzen, um mit ihrer Hilfe zu ermitteln, welche Blätter dem Alter nach aufeinander folgen, und

das geschieht dadurch, daß man zunächst feststellt, wie viele solcher schraubiger Zeilen an der untersuchten Achse parallel nach links und wie viele nach rechts hinaufziehen. An einem Fichtenzapfen z. B. (s. untenstehende Abbildung) sieht man acht solche Zeilen oder Parastichen ziemlich steil schräg nach links und fünf etwas weniger steil schräg nach rechts hinaufziehen. Um nun zu ermitteln, welche Blätter im Alter aufeinander folgen, bezeichnet man das unterste Blatt mit 1 und benutzt die Zahlen 8 und 5 in folgender Weise. Die Blätter jener steilern Parastiche, welche sich an 1 anschließt, werden durch Dazuzählen von 8 mit 9, 17, 25, 33, 41 ꝛc. numeriert. Die Blätter jener weniger steilen Parastiche, welche sich





Parastichen eines Fichtenzapfens. Die acht nach links gewendeten steilern Parastichen gehen von den Punkten 1, 6, 3, 8, 5, 2, 7, 12, die fünf nach rechts gewendeten weniger steilen Parastichen von den Punkten 4, 1, 3, 5, 2 aus.

an 1 anschließt, numeriert man dagegen durch Dazuzählen von 5 mit 6, 11, 16, 21, 26 ꝛc. Es läßt sich dann die Numerierung leicht durch Abziehen und Dazuzählen der Zahlen 8 und 5 auch an den andern Parastichen ergänzen, und die so gewonnenen Nummern geben die Altersfolge der Blätter an den Zapfen an. Am besten kann man diese etwas komplizierten Verhältnisse zur Anschauung bringen, wenn man sich die Oberfläche einer beblätterten, nahezu cylindrischen Achse, z. B. eines Fichtenzapfens, der Länge nach aufgeschnitten, auseinander gerollt und ausgebreitet denkt, so daß sämtliche Blattschuppen in eine Ebene zu liegen kommen, wie das in dem in der obenstehenden Abbildung eingeschalteten Schema veranschaulicht ist.

Begreiflicherweise haben die hier übersichtlich dargestellten geometrischen Verhältnisse der Blattstellung von jeher das lebhafteste Interesse erregt, und es konnte nicht fehlen, daß man die verschiedensten Spekulationen an dieselben knüpfte. Auf diese ausführlich einzugehen, ist hier nicht am Platze. Insoweit aber die merkwürdigen thatsächlichen Verhältnisse der geometrischen Stellung der Blätter für das Leben der Pflanze von Bedeutung sind, können die Versuche, sie zu erklären, nicht übergangen werden. Zunächst ist auf den Befund hinzuweisen, daß die Zahl der Orthostichen, beziehentlich der Glieder eines Stockwerkes sowie die Zahl, welche anzeigt, wie oft die

Grundspirale in einem Stockwerke den Stengel umkreist, von der gleich bleibenden Größe des horizontalen Abstandes der aufeinander folgenden Blätter abhängt. Um sich das klarzumachen, ziehe man an einer Kegeloberfläche eine Schraubenlinie in derselben Weise, wie in den Figuren auf S. 370 zu sehen ist, und trage nun in diese Schraubenlinie Punkte in fortlaufend gleichen Abständen ein. Die Größe des Abstandes der Punkte kann ganz beliebig gewählt werden; von Wichtigkeit ist nur, daß die aufeinander folgenden Punkte den einmal gewählten Abstand einhalten. Gesetzt den Fall, es würden die Punkte in der Entfernung von $^1/_{10}$ des Kreisumfanges (36°) in die Schraubenlinie eingetragen, so kommen auf je einen Umgang der Schraube zehn Punkte in gleichen Abständen zu liegen. Mit dem zehnten Zehntel hat aber die Schraubenlinie den Kegel, beziehentlich den Stengel einmal umkreist; der elfte Punkt kommt über den ersten Punkt zu liegen, und es beginnt mit ihm ein neuer Umgang und ein neues Stockwerk. Es werden sich an einem solchen Stengel notwendig zehn Orthostichen ergeben, und wenn wir an die Stelle der Punkte Blätter setzen, so wäre die Blattstellung durch $^1/_{10}$ auszudrücken. Tragen wir nun, um noch ein Beispiel zu bringen, die Punkte in horizontalem Abstande von $^2/_7$ des Kreisumfanges auf die Schraubenlinie ein. Wie stellen sich da die Punkte? Punkt 2 ist gegen Punkt 1 um $^2/_7$, Punkt 3 um $^2/_7 + ^2/_7 = ^4/_7$, Punkt 4 um $^2/_7 + ^2/_7 + ^2/_7 = ^6/_7$, Punkt 5 um $^2/_7 + ^2/_7 + ^2/_7 + ^2/_7 = ^8/_7$ auf der Grundspirale vorgerückt. Punkt 4 liegt noch nicht genau über dem Punkte 1, und Punkt 5 liegt schon über 1 hinaus, keiner von beiden kommt genau über 1 zu stehen. Man bringt nun weitere Punkte immer in dem gleichen Abstande, auf dem zweiten Umgange der Schraubenlinie an, zunächst den Punkt 6, dieser ist um $^{10}/_7$, dann Punkt 7, dieser ist um $^{12}/_7$, endlich Punkt 8, dieser ist um $^{14}/_7$ gegen 1 auf der Grundspirale vorgeschoben. Punkt 8 kommt genau über Punkt 1 zu liegen. Dort endigt der zweite Umgang der Schraubenlinie, dort hört auch das erste Stockwerk auf, und es beginnt mit Punkt 8 ein neues Stockwerk. Es würden sich an einem Stengel, dessen Blätter dieselbe Verteilung wie in dem eben erörterten Beispiele die Punkte zeigen, und von dem je zwei und zwei um $^2/_7$ des Kreisumfanges in horizontaler Richtung voneinander entfernt sind, 7 Orthostichen ergeben, und die Grundspirale, d. h. die Linie, welche die übereinander folgenden Blätter in ihrer Altersfolge verbindet, würde 2 Umgänge um den Stengel machen. Eine solche Blattstellung aber würde als Zweisiebentel-Blattstellung zu bezeichnen sein. Aus diesen Beispielen geht hervor, daß jedem beliebigen, wenn nur gleichbleibenden horizontalen Abstande der im Alter aufeinander folgenden Blätter eine bestimmte Blattstellung entspricht. Der am Kreisumfange des Stengels gemessene Abstand mag ein großer oder kleiner sein, immer wird sich schließlich eine gleichmäßige Verteilung der Blätter rings um den Stengel herausstellen, und die Blätter werden in gleicher horizontaler Entfernung nach so vielen Richtungen abstehen, als durch den Nenner des den Abstand anzeigenden Bruches angegeben werden. Die Schraubenlinie aber, welche alle durch den Nenner angegebenen Blätter miteinander verbindet, wird so viele Umgänge um den Stengel machen, wie durch den Zähler angezeigt werden. Mit andern Worten: **Die Größe des horizontalen Abstandes gibt immer auch schon die Blattstellung an. Der Nenner des die Blattstellung anzeigenden Bruches ist gleich der Zahl der Orthostichen, und der Zähler ist gleich der Anzahl der Umgänge, welche die Grundspirale in einem Stockwerke macht.**

Es ist hier auch noch der schon oben (S. 372) berührten Beobachtung zu gedenken, wonach jene Bruchzahlen, durch welche die an den Pflanzen thatsächlich gefundenen Blattstellungen ausgedrückt werden, Glieder einer bestimmten Zahlenreihe sind. Man mag was immer für Horizontalabstände zwischen den aufeinander folgenden Blättern gefunden haben, immer sind dieselben Näherungswerte eines unendlichen Kettenbruches von der Form:

$$\cfrac{1}{z+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1\ldots,}}}$$

bei welchem z eine ganze Zahl ist. Setzt man nun für z die Zahl 1, so gelangt man durch Bildung der aufeinander folgenden Näherungswerte zu der Reihe $^1/_2$, $^2/_3$, $^3/_5$, $^5/_8$, $^8/_{13}$, $^{13}/_{21}\ldots$; setzt man $z = 2$, so erhält man $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}\ldots$; setzt man $z = 3$, so erhält man $^1/_3$, $^1/_4$, $^2/_7$, $^3/_{11}$, $^5/_{18}$, $^8/_{29}\ldots$, und setzt man $z = 4$, so ergibt sich die Reihe $^1/_4$, $^1/_5$, $^2/_9$, $^3/_{14}$, $^5/_{23}$, $^8/_{37}\ldots$ Das Merkwürdige hierbei ist, daß unter allen diesen Blattstellungen diejenigen, welche durch die Zahlen $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$ ausgedrückt werden, am häufigsten vorkommen, während Blattstellungen, welche den andern oben erwähnten Reihen angehören, nur äußerst selten beobachtet werden. Thatsächlich erscheint also jene Reihe am öftesten, in welcher für z die Zahl 2 substituiert wird. Man hat den Vorteil, welchen die aus dieser Zahl hervorgehende Reihe bietet, dahin erklärt, daß durch sie einerseits Blattstellungen zu stande kommen, bei welchen durch die kleinstmögliche Zahl von Blättern in jedem Stockwerke schon eine gleichmäßige Verteilung derselben erreicht wird, und anderseits doch auch wieder Blattstellungen, welche ein Ausladen der Blätter vom Stengel weg nach sehr zahlreichen Richtungen ermöglichen.

Der Grund, warum jede Pflanzenart ganz unabhängig von äußern Einflüssen, sozusagen ohne Kenntnis von den Verhältnissen, denen ihre Laubblätter in Zukunft ausgesetzt sein werden, schon in der Knospe die Blätter in vorteilhaftester Weise anlegt, kann nur aus der spezifischen Konstitution ihres Protoplasmas erklärt werden. Gleichwie in der wässerigen Lösung eines Salzes Kristalle anschießen, die je nach der Konstitution dieses Salzes bald mit sechsseitigen, bald mit dreiseitigen Ecken sich erheben, Kristalle, deren Flächen immer dieselben Umrisse und deren Kanten immer eine ganz genau bestimmte Größe der Winkel zeigen, ebenso entstehen im Bereiche der wachsenden Zellen Leisten, Abgrenzungen und Scheidewände, durch welche sich der Zellenleib gliedert und teilt, und es sind diese sich einschiebenden Wände bei den verschiedensten Pflanzenarten in Lage und Form und in den geometrischen Verhältnissen nicht weniger bestimmt als die Flächen der aus der Salzlösung hervorsprießenden Kristalle. Was aber von dem Bauplane der einzelnen Zellen gilt, muß wohl auch von dem Plane, nach welchem sich eine Gruppe von Zellen, ein Gewebekörper, ein wachsender Sproß, ein Stengel mit seinen Blättern, ja der ganze Pflanzenstock aufbaut, Geltung haben. Die Stelle, wo am Umfange des Stengels ein Blatt sich anlegt, hängt gewiß nicht vom Zufalle ab, sondern ist in dem molekularen Aufbaue und in der Zusammensetzung des Protoplasmas der betreffenden Pflanzenart begründet, und wenn sich die Blätter an dem Zweige der Eiche immer nach $^2/_5$ anordnen, so ist die Konstanz dieser Anordnung nicht mehr und nicht weniger merkwürdig als die Konstanz in der Größe der Kantenwinkel an einem Alaunoktaeder.

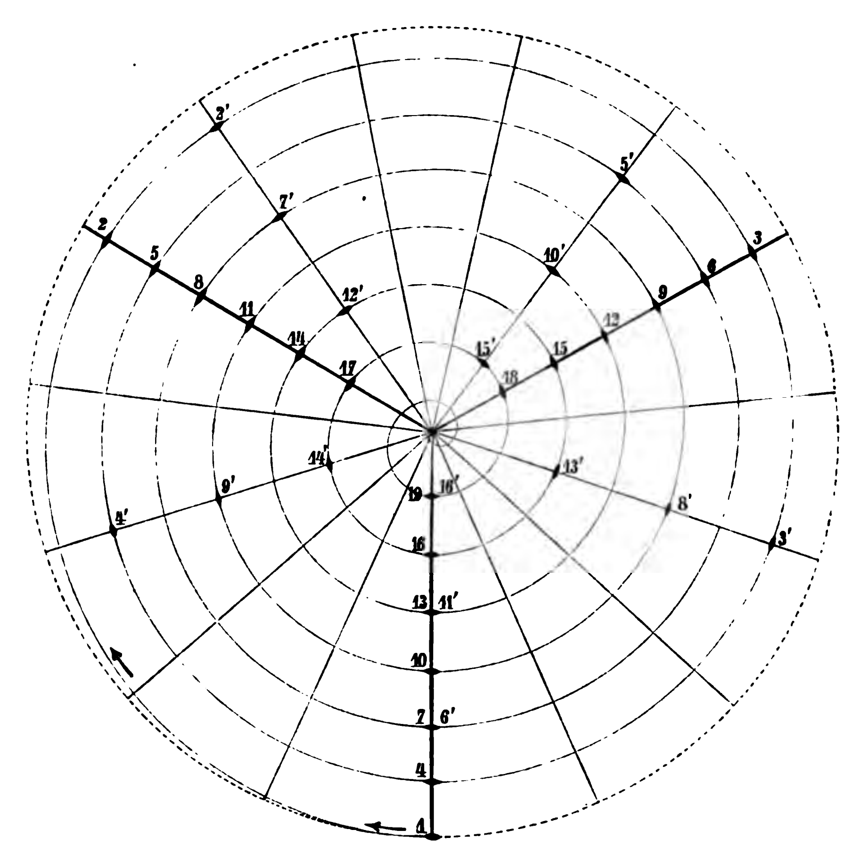
Es soll hier auch darauf hingewiesen sein, daß die geometrische Anordnung der Zellen an einfachen, der Beobachtung leicht zugänglichen, langgestreckten Geweben eine ganz ähnliche ist wie die Anordnung der Blätter an den Stengeln. So z. B. halten an den haarförmigen Narben der Gräser die Zellen sehr schön die Eindrittel-Stellung ein. Man könnte nun auch an einen Zusammenhang der geometrischen Stellung der Zellen am Scheitel eines fortwachsenden Stengels mit der geometrischen Stellung der Blätter an demselben Stengel denken. Aus jeder Zelle am fortwachsenden Scheitel des Stengels wird durch wiederholtes Einschieben von Scheidewänden eine Zellgruppe. Wenn die Lage dieser sich teilenden Zellen eine geometrisch bestimmte ist, und wenn die bei der Teilung sich einschiebenden Scheidewände bei jeder Pflanzenart bestimmte Richtungen einhalten, so muß die

Anordnung der aus den Zellen hervorgehenden und den Stengel aufbauenden Zellgruppen gleichfalls eine geometrisch bestimmte sein. Angenommen nun, daß aus jeder dieser den Stengel aufbauenden Zellgruppen ein Blatt hervorgeht, so würde die Verteilung der Blätter am Umfange des Stengels nur eine Wiederholung der Verteilung der Zellen an der fortwachsenden Spitze des Stengels darstellen. Bei dem einfachsten aller beblätterten Stengel, nämlich bei dem Moosstengelchen, ist dieser Zusammenhang auffallend genug; an den komplizierter gebauten Gewächsen ist derselbe dagegen nicht so leicht nachzuweisen. Bei diesen unterliegt schon die Feststellung der geometrischen Verhältnisse der Zellen an der fortwachsenden Spitze manchen Schwierigkeiten, und die aus ihnen hervorgehenden Zellgruppen sind zudem mannigfach verschoben und verzogen. Dennoch ist bei jedweder Pflanzengestalt ein einheitlicher Bauplan und insofern auch der angedeutete Zusammenhang sehr wahrscheinlich, und es ist anzunehmen, daß bei jeder Art die Anordnung der kleinsten Teilchen im Protoplasma, die Anordnung der Zellen und die Anordnung der Blätter den gleichen Symmetriegesetzen unterliegt.

Ja, auch die Verschiebungen und Drehungen der Zellen, welche in dem sich ausbildenden beblätterten Stengel stattfinden, erfolgen ohne Zweifel gesetzmäßig, wenn dieselben auch teilweise durch äußere Ursachen veranlaßt sein mögen. Zahlreiche vergleichende Beobachtungen haben nämlich ergeben, daß bei dem Aufbaue, zumal bei der Verlängerung, wachsender Stengel nicht immer eine gerade Führungslinie eingehalten wird, daß vielmehr nicht selten eine schraubige Drehung der Zellen und Gewebe vorkommt, so zwar, daß die Vorstellung berechtigt ist, ein solcher Stengel bohre sich bei seinem Emporwachsen in die Luft hinein. Hiermit ist nicht etwa das Winden der Stengel gemeint, auf welches später die Rede kommen wird, sondern die Drehung der Gewebemasse eines geraden und auch nach erfolgter Drehung gerade bleibenden Stengels, welche man am besten mit der Drehung eines Bündels geradliniger Fasern zu einem Stricke vergleichen könnte. Jede Knospe, welche die Anlage eines beblätterten Zweiges bildet, läßt an dem Umfange der noch sehr kurzen, kegelförmigen Achse schon die Ursprungsstätten der Blätter erkennen; häufig sind auch schon Form und Umriß der Blätter wahrnehmbar, immer sind die Lage und der gegenseitige Abstand der Blattansätze geometrisch genau zu bestimmen. Hat sich dann die Achse verlängert, und ist aus der Knospe ein gestreckter Zweig hervorgegangen, so stimmt die Stellung, welche die auseinander gerückten und ausgewachsenen Blätter zeigen, nicht immer mit jener in der Knospe überein. Die Blattstellung ist eben infolge des Druckes, welchen die einzelnen Zellgruppen bei dem Längen- und Dickenwachstume aufeinander ausüben, und infolge der hiermit zusammenhängenden Verschiebungen, beziehentlich der Drehung der Achse eine andre geworden. Hat sich die Drehung nur auf einen Teil des Stengels beschränkt, so sieht man, mitunter recht auffallend, ein förmliches Umspringen der einen Blattstellung in die andre.

Um sich die auf solche Art entstehenden Veränderungen anschaulich zu machen, braucht man nur einen krautartigen, beblätterten Stengel abzupflücken, an den beiden Enden zu fassen und so zu drehen, wie man etwa ein Bündel von Fäden zu einem Stricke drehen würde. Die Ansatzpunkte der Blätter werden dadurch gegeneinander verschoben; aus den Orthostichen werden Parastichen, und neue, oft sehr komplizierte Blattstellungen kommen zum Vorscheine. Auch lassen sich die Veränderungen, welche durch die Drehung des Stengels erfolgen, durch die auf S. 377 eingeschaltete Abbildung ersichtlich machen. Gesetzt den Fall, es würden an dem in dieser Abbildung in der Horizontalprojektion dargestellten jungen, kegelförmigen Stengel die schwarzen Punkte entlang den drei dickern Linien Ansätze von Blättern bedeuten, welche sich um 1/8 des Kreisumfanges gegenseitig ausweichen. Dieser Stengel habe nun bei seiner Verlängerung auch eine Drehung erfahren

und zwar um eine ganz bestimmte, für alle Abschnitte des Stengels gleich bleibende Größe. Jedes zwischen zwei dem Alter nach aufeinander folgende Blätter eingeschaltete Stengelstück sei nämlich um $^1/_{15}$ des Kreisumfanges (24°) gedreht worden, und infolgedessen betrage jetzt der gegenseitige Abstand der Blätter nicht mehr $^1/_3$ des Kreisumfanges, d. h. 120°, sondern 120 + 24° = 144°, d. h. soviel wie $^2/_5$ des Kreisumfanges. Infolgedessen kommen die Ausgangspunkte der Blätter an die durch Strichelchen bezeichneten Punkte zu stehen, und es ist aus der Eindrittel-Stellung die Zweifünftel-Stellung hervor-



Verschiebung der Blattansätze zufolge Drehung des Stengels. — Umwandlung der Eindrittel-Stellung in die Zweifünftel-Stellung. Punkt 2 ist infolge der Drehung nach 2' versetzt; Punkt 3 nach 3' ꝛc.

gegangen. In ähnlicher Weise entsteht aus der Eindrittel-Stellung die Dreiachtel-Stellung, wenn infolge der Drehung jeder der aufeinander folgenden Punkte um $^1/_{24}$ des Kreisumfanges (15°) vorrückt und der horizontale Abstand nicht mehr $^1/_3$, sondern $^3/_8$ des Kreisumfanges beträgt. In die Einhalb-Stellung wird die Eindrittel-Stellung umgewandelt, wenn in einem Stockwerke das zweite Blatt, welches in der Knospe von dem ersten um $^1/_3$ des Kreisumfanges entfernt ist, infolge der Drehung des auswachsenden Stengels um $^1/_6$ des Kreisumfanges (60°), also genau um so viel vorrückt, daß es nun um einen halben Kreisumfang (180°) von dem ersten entfernt ist. Gerade diese Veränderung ist sehr gut an den auswachsenden Zweigen von Buchen und Hainbuchen, Haseln und vielen andern Bäumen und Sträuchern zu sehen. In den Knospen sind die Blätter nach Eindrittel gestellt, an den ausgewachsenen, holzig gewordenen Zweigen erscheinen sie nach Einhalb gestellt. Da man überhaupt in den Knospen die einfachsten Fälle, zumal die Eindrittel-Stellung,

am häufigsten beobachtet, so liegt der Gedanke nahe, daß die Zahl der ursprünglichen Blattstellungen eigentlich nur eine sehr geringe ist, und daß kompliziertere Blattstellungen, welche durch Bruchzahlen ausgedrückt werden, in denen der Nenner eine zweizifferige Zahl darstellt, häufig durch Drehung der einzelnen Stengelglieder während ihres Wachstumes hervorgehen. Es ist hier noch darauf hinzuweisen, daß die Blattstellung desto komplizierter wird, je geringer die Drehung ist, welche ein Internodium erfährt, was schon aus der obigen Darstellung ersichtlich wird; auch ist erwähnenswert, daß an Pflanzen, deren Laubblätter zu zwei, drei oder mehr in einer und derselben Höhe am Stengel entspringen, welche also wirtelständige Blätter besitzen, solche Drehungen der Stengelglieder und dadurch bedingte Veränderungen der Blattstellung gleichfalls häufig vorkommen.

Beziehungen der Lage zur Gestalt der grünen Blätter.

Erst jetzt, nachdem die Regeln der Blätterverteilung an der Stengeloberfläche eine übersichtliche Darstellung gefunden, ist es möglich, auch die Beziehungen der Blattstellung zur Breite und Länge sowie zum Zuschnitte und zur Richtung der Blattflächen zu erörtern.

Mag man ein kleines, beblättertes Moospflänzchen oder einen reichbelaubten, mächtigen Baum in den Kreis der Betrachtung ziehen, immer wird man finden, daß die Zahl der Orthostichen an den aufrechten Stengeln eine desto geringere ist, je breiter die Laubflächen sind. Erscheinen die grünen Flächen kreisrund, wie jene des Judasbaumes (Cercis Siliquastrum), oder sind sie breit eiförmig oder herzförmig, dabei gegen die Basis am breitesten, wie jene der Linden und Rüstern, und werden dieselben nicht etwa von sehr langen Stielen getragen, gleich jenen der Zitterpappel (Populus tremula), so laufen sie in zwei Zeilen am Stengel hinauf, zeigen also die Einhalb-Stellung. Sind die Blattflächen im Umrisse breit elliptisch, also beiläufig in der Mitte am breitesten, und dabei kurz gestielt, wie jene der Buchen, der Erlen und Haselnußsträucher, so sind sie an den aufrechten Zweigen regelmäßig in drei Zeilen geordnet und zeigen die Eindrittel-Stellung. Sind die Blätter verkehrt eiförmig, also in der vordern Hälfte breiter als an der Basis, und zugleich kurz gestielt, wie z. B. jene der Eichen, so findet man sie in fünf Zeilen nach der Zweifünftel-Stellung geordnet. Sind sie lanzettlich oder länglich, wie jene der Mandelbäume, so zeigen sie meistens die Dreiachtel-Stellung, und endlich die schmalen, linealen Blätter an den Gerten des Färberginsters (Genista tinctoria) sowie die langen, schmalen Blätter an den Stengeln der Goldruten (Solidago) findet man regelmäßig in der Fünfdreizehntel-Stellung geordnet. Bei den Laubmoosen sind diese Beziehungen ganz ähnlich, die breiten Blätter der Mnium-Arten zeigen die Eindrittel-, die elliptischen und länglichen Blätter mehrerer Bartmoose (Barbula) die Zweifünftel- und die schmalen, linealen Blättchen der Widerthonmoose (Polytrichum) die Dreiachtel-, Fünfdreizehntel- und noch kompliziertere Stellungen. Selbst innerhalb einer und derselben Gattung tritt dieser Zusammenhang zwischen der Breite der Blattflächen und der Zahl der am aufrechten Stengel hinauflaufenden geradlinigen Blattzeilen sehr auffallend hervor, und es ist in dieser Beziehung kaum eine andre Gattung so lehrreich wie die Weiden. Es gibt Weiden mit kreisrundem, mit elliptischem, länglichem und schmal linealem Laube, und man kann an diesem recht deutlich sehen, wie die Zahl der Orthostichen in demselben Maße zunimmt, als die Blätter schmäler werden. Die Salix herbacea mit runden Blättern zeigt die Eindrittel-, die Salix Caprea mit elliptischem Laube die Zweifünftel-, die Salix pentandra mit lanzettlichem Laube die Dreiachtel- und die Salix incana mit linealem Laube die Fünfdreizehntel-Stellung.

Nimmt man von jeder dieser Weiden einen aufrechten Zweig, stellt diese aufrechten Zweige nebeneinander und sieht von oben auf dieselben, so bemerkt man, wie die drei, fünf, acht, dreizehn Zeilen der Blätter von der betreffenden Achse ringsum ausstrahlen; man sieht aber auch recht deutlich, daß in dem einen wie in dem andern Falle die nachbarlichen Zeilen sich so aneinander schließen, daß zwischen ihnen keine Lücken bleiben und der Raum um den Stengel möglichst ausgenutzt ist. In dem einen Falle bilden drei Zeilen sehr breiter Blätter, in den andern Fällen fünf oder acht Zeilen Blätter von mittlerer Breite und wieder in einem andern Falle dreizehn Zeilen sehr schmaler Blätter diese Ausfüllung.

Von den Sonnenstrahlen, welche in der Richtung der Achse des Zweiges von obenher einfallen, werden alle Blattzeilen, mögen deren drei, fünf, acht oder dreizehn vorhanden sein, gleichmäßig getroffen, keine Zeile wird die andre beschatten, und nur von den einzelnen Gliedern einer Zeile, welche übereinander stehen, könnten die obern den tiefer stehenden Licht wegnehmen. Aber auch das ist vermieden und zwar zunächst in der Weise, daß die Länge und Richtung der Laubblätter der Höhe eines Stockwerkes angepaßt ist.

Sind die Stockwerke niedrig, folgen also die in einer geradlinigen Zeile stehenden Blätter in geringen Abständen aufeinander, so sind die Blätter kurz, sind die Stockwerke hoch, so sind die Blätter lang; immer ist die Länge so geregelt, daß in den Mittelraum zwischen je zwei Blättern einer Zeile die Sonnenstrahlen eindringen und sozusagen das Innere des Stockwerkes durchleuchten können.

Es ist hier daran zu erinnern, daß die Sonne nicht scheitelrecht auf die von der Erde emporgerichteten Zweige herabblickt, daß ihre Strahlen selbst unter dem Äquator in den Morgen- und Abendstunden schräg einfallen und zu diesen Stunden den von zwei Blättern einer Zeile nach oben und unten begrenzten Raum gerade so beleuchten wie die Strahlen der aufgehenden und untergehenden Sonne, welche durch die Fenster in eine Stube eindringen. Damit soll nicht gesagt sein, daß den ganzen Tag hindurch kein Blatt in Schatten gestellt ist. Es wäre das schon mit Rücksicht auf den Umstand unmöglich, als die Sonnenstrahlen zu jeder Stunde des Tages unter einem andern Winkel auf die unverrückt am Boden festhaftende Pflanze einfallen. Am Vormittage werden die Blätter der einen, am Nachmittage jene der andern Seite teilweise in Schatten gestellt oder nur von zerstreutem Lichte getroffen sein. Auch der aufrechte Stengel, welcher ringsum mit abstehenden Blättern besetzt ist, muß notwendig einen Teil derselben im Laufe des Tages auf kurze Zeit beschatten. Diese Schatten rücken aber, gleich dem Schattenstreifen, welchen der Zeiger einer Sonnenuhr wirft, mit dem Gange der Sonne stetig vorwärts und verweilen nur kurze Zeit an einer Stelle.

Das Eindringen der Sonnenstrahlen zwischen den übereinander stehenden Blättern wird übrigens auch durch die Richtung der Blattflächen wesentlich beeinflußt. Ein vom Stengel schief nach oben abstehendes Blatt, dessen Mittelrippe in der Richtung der einfallenden Strahlen liegt, wird zu keiner Stunde des Tages seinen tiefer stehenden Nachbarn zu viel Licht wegnehmen, jedenfalls viel weniger als ein Blatt, dessen Fläche horizontal ausgebreitet oder nach außen etwas abschüssig ist, und welches sich den einfallenden Sonnenstrahlen mit seiner Breitseite in den Weg stellt. Hieraus erklärt sich eine Erscheinung, welche besonders häufig an den ein- und zweijährigen Schottengewächsen und Korbblütlern mit geradem, aufrechtem Stengel hervortritt. Die untersten Blätter dieser Pflanzen bilden mit der Achse des Stengels einen rechten Winkel und liegen mit ihrer Breitseite dem Boden auf, welchen sie in einem größern oder kleinern Umkreise vollständig überdecken. Diese können selbstverständlich andern Blättern desselben Stockes kein Licht wegnehmen. Die weiter aufwärts vom Stengel entspringenden Blätter sind dagegen nicht mehr horizontal ausgebreitet, sondern etwas aufgerichtet und bilden mit dem Stengel einen Winkel, der kleiner

Auch an Pflanzen mit gestreckten, aufrechten Stengeln sind die ziemlich weit auseinander gerückten Blätter manchmal zu einer Art Rosette geordnet, was dadurch ermöglicht ist, daß die Stiele der untern Blätter bedeutend länger werden als jene der gipfelständigen Blätter. Man sieht dieses Verhältnis besonders bei Sumpfpflanzen mit flachen, der Oberfläche des Wassers platt aufliegenden Blättern, so namentlich an Villarsia, Hydrocharis, Polygonum amphibium, einigen Arten der Gattung Callitriche und mehreren Wasserranunkeln. Unter den Pflanzen des trocknen Landes zeigen insbesondere mehrere Amarantaceen diese Gruppierung der Blätter. An dem aufrechten Sprosse des Amarantus Blitum, welcher in Fig. 2, S. 381, abgebildet ist, werden die Stiele der untern Blätter der Reihe nach achtmal, siebenmal, sechsmal so lang als jene der obersten Blätter. So kommt es, daß die sämtlichen grünen Blattflächen dieser Pflanze nahezu in gleicher Höhe sich ausbreiten können, ohne daß doch eins das andre in Schatten stellen würde.

An solchen Gewächsen mit langgestreckten Stengelbildungen wird übrigens auch noch durch eine andre Gruppierung der zahlreichen übereinander stehenden Blätter deren gegenseitige Beeinträchtigung verhindert. Wir meinen die Ausbildung der Blätter in Form grüner, dem Stengel anliegender Schuppen, wie sie an so vielen Koniferen, beispielsweise an dem in Abbildung, S. 380, Fig. 4, dargestellten Ästchen einer Thuja, beobachtet wird. Allerdings kann hier nur die Rückseite der kleinen Blättchen von den Sonnenstrahlen getroffen werden. Das ist aber mit Rücksicht auf den Effekt ganz dasselbe, als wenn nur die Oberseite getroffen würde, wie z. B. bei jenen Blättern, welche von aufrechten Stengeln unter rechtem Winkel abstehen oder mit der Spitze gegen die Erde geneigt sind. Da die kleinen, grünen, den Stengel beschuppenden Blättchen wie Ziegel auf einem Dache aneinander gereiht sind und der größte Teil der Rückenflächen von den Nachbarn unbedeckt bleibt, so kann auch trotz der gedrängten Stellung von einer gegenseitigen Entziehung des Lichtes keine Rede sein.

Die Anordnungen grüner Blattgebilde, wie sie zuletzt geschildert wurden, beziehen sich fast ausschließlich auf Fälle, wo die Spreite der Blätter weder gelappt noch in Abschnitte geteilt, sondern ganzrandig ist. Nur dann, wenn ein Blatt sich als ganzrandig präsentiert, kann es einem andern, welches wenig tiefer vom aufrechten Stengel entspringt, gleiche Form und Größe besitzt und die gleiche Richtung einhält, die Sonnenstrahlen ganz oder nahezu ganz vorwegnehmen. Ein Blatt, dessen grüne Spreite ausgebuchtet, gelappt, geteilt oder zerschnitten ist, wird durch die Spalten zwischen den Lappen und Zipfeln immer reichlich Sonnenlicht auf die unter ihm stehenden Blätter durchlassen und zwar um so mehr, je tiefer, weiter und zahlreicher die Ausschnitte sind, welche die Sonderung in Lappen und Zipfel bewirken. Es kann zwar an Schattenstreifen nicht fehlen, aber diese verschieben sich im Laufe des Tages, verweilen an einer Stelle nur kurze Zeit, und es scheint, daß eine solche rasch vorübergehende Beschattung des grünen Gewebes nichts weniger als nachteilig wirkt. Folgerichtig sind aber dann bei Pflanzen mit zerteiltem Laube die früher beschriebenen, für die ganzrandigen Blätter geltenden Einrichtungen überflüssig. In der That sieht man auch an Pflanzen, deren Laubblätter eine vielfach gespaltene Spreite haben, die ausgewachsenen untern und obern Blätter von gleicher Länge; auch stehen sie alle unter demselben Winkel vom aufrechten Stengel ab, und eine schuppenartige Bekleidung des Stengels aus anliegenden gelappten oder gefiederten Blättern kommt überhaupt niemals vor. An dem Fenchel und Dillkraute, an der Kamille, am Rittersporne und an den Arten der Gattung Adonis sind die untern und obern Laubblätter des Stengels so übereinstimmend, daß man kaum zu sagen im stande wäre, ob ein losgetrenntes und einzeln vorgezeigtes Blatt unten oder oben vom Stengel abgekneipt wurde. Nur die alleruntersten Blätter, welche ihren Schatten nicht mehr auf nachbarliche Blätter,

sondern auf die Erde werfen, sind in breitere Zipfel gespalten; die übrigen aber sind gleichmäßig zerteilt und laden auch gleichweit ringsum vom Stengel aus. Während die Königskerze mit ihren nach oben zu an Größe rasch abnehmenden ganzrandigen Laubblättern von fern gesehen den Eindruck einer Pyramide macht, ragen der Rittersporn und der Fenchel, deren fein zerteilte Laubblätter den ganzen Stengel entlang sich gleich bleiben, wie eine cylinderförmige Säule empor. Mit andern Worten: Würde man die äußersten Punkte aller Blätter der zuletzt genannten Pflanzen durch eine Fläche verbinden, so würde diese die Form eines Cylinders zeigen. Nur dann, wenn abstehende zerteilte Blätter an einem sehr kurzen Stamme dicht übereinander gestellt sind, wie z. B. bei den Farnen, und wenn die betreffenden Pflanzen an schattigen Orten wachsen, wo das Licht ohnedies spärlich zugemessen ist, kommt es vor, daß die untern Blätter über die obern hinausragen, um in betreff des Lichtgenusses nicht zu kurz zu kommen.

Es ist hier auch noch der Durchlöcherung der Blattflächen zu gedenken, welche, allerdings selten, an manchen Aroideen beobachtet wird. Am bekanntesten sind in dieser Beziehung die brasilische **Monstera egregia** und die auf S. 339 abgebildete **Tornelia fragrans**, welche von den Gärtnern mit Rücksicht auf die Löcher in den Blättern auch **Philodendron pertusum** genannt wird. Die kreisförmigen oder elliptischen Löcher entstehen in der Blattfläche nicht erst nachträglich, sondern sind schon zu sehen, wenn die Blätter noch zusammengerollt, klein und unentwickelt sind. Immer bilden sie sich an den obern Blättern älterer Stöcke aus; die Blätter junger, niederer Exemplare zeigen diese Löcher nicht. Schon dieser Umstand deutet darauf hin, daß den Löchern dieselbe Bedeutung zukommt, welche wir früher den tiefen Einschnitten und Spalten zwischen den Blattlappen zugesprochen haben. Es sind Durchlässe in den breit angelegten und weithin Schatten spendenden obern Blattflächen, durch welche auch auf tiefere Blattgebilde ein Teil der schräg von obenher einfallenden Lichtstrahlen gelangen kann. Auch die sonderbaren Ausschnitte in den Flächen gewisser Blätter des schwarzen Maulbeerbaumes (**Morus nigra**) sowie des japanischen Papiermaulbeerbaumes (**Broussonetia papyrifera**) dürften auf ähnliche Weise zu erklären sein. Man findet sie immer nur an den obern Blättern eines Zweiges und zwar am schönsten an aufrechten, schlanken Schößlingen, welche vom Grunde alter Strünke üppig emporsprießen. Bald ist an diesen obersten Blättern nur an der einen Hälfte ein fast bis zur Mittelrippe gehender Ausschnitt vorhanden, bald wieder sind beide Hälften mit tiefen Buchten versehen; ja, an den obersten Schößlingsblättern des schwarzen Maulbeerbaumes ist die Spreite manchmal durch mehrere Ausschnitte auf beiden Seiten in ziemlich schmale Zipfel gespalten. Betrachtet man solche in großer Zahl dicht nebeneinander aufgewachsene Schößlinge zur Mittagszeit, wenn sie gerade besonnt sind, so findet man auf den untern Blättern die Schatten der obern abgezeichnet, jeder Ausbuchtung und jedem Ausschnitte an einem gipfelständigen Blatte entspricht aber auch ein Lichtfleck auf den Blattflächen in den nächst tiefern Stockwerken. Angenommen nun, die Lücken da oben würden geschlossen; sofort würde es unten dunkel werden, die mit dem Sonnenstande von Stelle zu Stelle, von Blatt zu Blatt fortrückenden Lichtsprenkel würden dort fehlen, und die Thätigkeit des grünen Gewebes in den Blättern der untern Region würde, wenn auch nicht ganz aufgehoben, doch jedenfalls sehr beschränkt sein.

Nicht ohne Grund wurde bisher bei jedem einzelnen der besprochenen Fälle betont, daß es sich um Laubblätter an aufrechten Stengeln handle, und es muß dieser Umstand hier nochmals ganz besonders hervorgehoben werden; denn an horizontalen Zweigen sind die Verhältnisse wesentlich anders, und was auf die einen paßt, schickt sich nicht immer auch für die andern. Es ist das auch leicht ersichtlich zu machen. Man braucht nur einen beblätterten, aufrechten Ahornzweig so weit seitwärts zu biegen, daß er wagerecht zu stehen kommt, und wird sofort sehen, daß die Flächen der den Zweig

bekleidenden Blätter eine Lage annehmen und eine Richtung erhalten, welche von der früher eingenommenen sehr auffallend verschieden ist. Was früher mit der Breitseite gegen das einfallende Licht gerichtet war, ist jetzt auf die Schmalseite gestellt, und was früher in einer und derselben Höhe über dem Boden gegenüberstand, steht jetzt übereinander. Wenn die Stellung der Laubblätter früher an dem aufrechten Zweige eine passende und vorteilhafte war, so ist sie jetzt in das Gegenteil verkehrt. Solche Änderungen in der Lage der Laubblätter an den Sprossen und Zweigen der Pflanzen kommen aber nicht nur ausnahmsweise, sondern sehr häufig vor. Daß heftige Winde die Blattstiele und Zweige biegen und neigen, hätte noch weniger zu bedeuten, denn diese Lageänderung ist in der Regel nur eine kurz andauernde, und wenn der Sturm vorübergezogen ist, stellt sich auch die frühere Lage wieder her. Wichtiger ist schon der Druck, welchen in Gegenden mit reichlichem winterlichen Niederschlage der Schnee auf die Pflanzen ausübt, und der bei langer Dauer bleibende Änderungen in der Lage der Äste und Zweige veranlassen kann. Am wichtigsten aber ist der Umstand, daß ausdauernde Pflanzen an ihren Sproßenden von Jahr zu Jahr um ein Stück weiterwachsen, daß sich über den schon vorhandenen immer wieder neue Jahrestriebe entwickeln und zwar nicht nur am Scheitel, sondern auch aus Knospen, welche seitlich an den Zweigen entstehen. Man betrachte einmal ein Ahornbäumchen, dessen Gipfelzweig mit drei Knospen abschließt. Bei beginnender Bauthätigkeit im Frühlinge werden aus den drei Knospen Zweige; der mittlere ist lotrecht in die Höhe gewachsen, die beiden seitlichen haben sich schräg emporgehoben, alle drei sind reich belaubt, und das Laub der drei Zweige überdeckt und beschattet einen drei-, vier-, vielleicht zehnmal größern Raum als die paar Blätter, an deren Basis sich im verflossenen Sommer die Knospen ausgebildet hatten.

Es ist nun über der Mitte des Ahorns, wie er im verflossenen Jahre bestanden hatte, gewissermaßen ein neues, reichbelaubtes und dicht schattendes Ahornbäumchen emporgewachsen. Jene gegenseitige Rücksichtnahme, welche man an den vom selben Pflanzenstocke ausgebildeten Gliedern sonst beobachtet, und von welcher früher die Rede war, hört hier auf. Die Blätter der Gipfelsprosse ordnen sich allerdings so, daß eine gegenseitige Benachteiligung nicht stattfindet, aber auf die Blätter tiefer unten erscheint keine Rücksicht mehr genommen, so wenig wie etwa auf die niedern Gräser und Kräuter, welche unter dem Ahornbaume auf dem Erdboden wachsen.

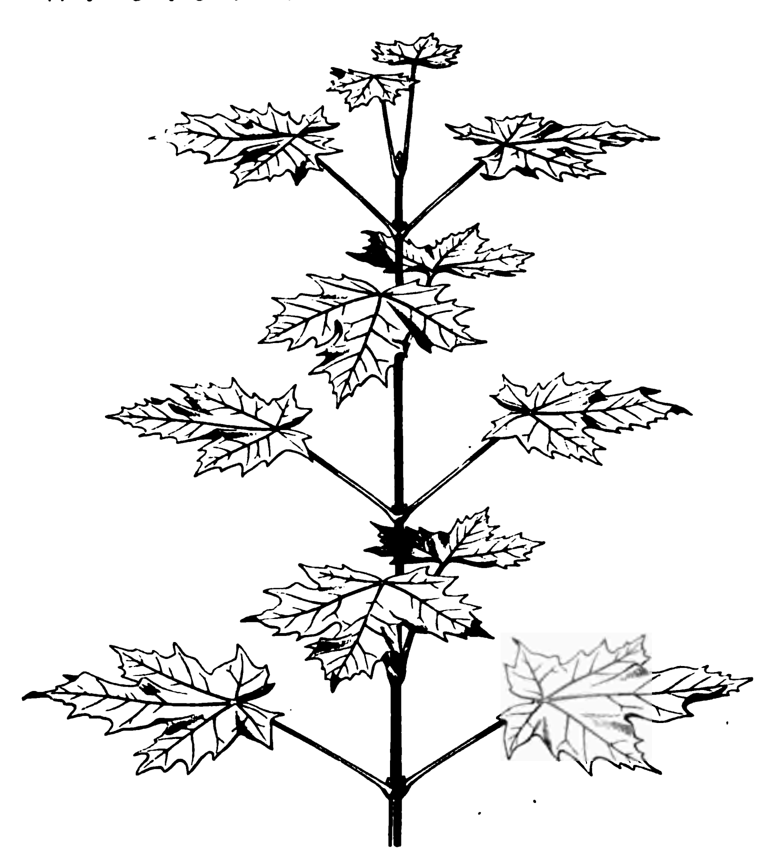
Was sollen nun aber die Zweige beginnen, welche aus den Knospen in der Mittelhöhe des in Betracht gezogenen Ahorns hervorsprießen? Würden sie ganz dieselbe Richtung einhalten wie die Zweige am äußersten Gipfel, so kämen sie in den dichten Schattenkreis, welchen die zahlreichen breiten Blätter der Gipfelzweige werfen. Sie sind daher gezwungen, eine andre Richtung einzuschlagen, wenn ihre Blätter nicht infolge von Lichtmangel zu Grunde gehen sollen. Das geschieht auch in der That. Sie richten sich nämlich mehr oder weniger horizontal und verlängern sich in dieser Richtung so lange, bis ihre Blätter außerhalb des Schattens der belaubten Gipfelzweige kommen, um dort gesonnt werden zu können. Es läßt sich das alles nicht nur an dem als Beispiel gewählten Ahorn, sondern an allen reichbelaubten Bäumen und Sträuchern beobachten: die obersten Zweige lotrecht aufgerichtet, die weiter nach abwärts folgenden schräg nach oben wachsend, die noch tiefern wagerecht ausgestreckt und die untersten sogar häufig dem Boden zugeneigt. Oftmals suchen die über den Schattenkreis hinausgewachsenen Zweige der ältern untern Äste sich wieder zu erheben und schlagen eine Richtung ein, welche jener der obersten Gipfelzweige nahezu gleichkommt. Solche Äste und Zweige zeigen dann eine Krümmung, welche der eines liegenden römischen ∩ zu vergleichen ist. Die Eschen und Roßkastanienbäume sind hierfür recht augenfällige Beispiele. Noch schöner zeigt sich diese Erscheinung bei der Fichte (s. Abbildung, S. 385), bei welcher sich die endständigen Zweige der untersten Äste häufig ganz lotrecht



Fichte. Vgl. Text, S. 384.

aufrichten. Gerade dieser letztere Umstand ist auch insofern von Interesse, als aus demselben erhellt, daß es nicht allein die Belastung durch die Blätter ist, welche diese veränderte Richtung der Verzweigungen bedingt, was sich übrigens auch noch aus andern später zu erörternden Verhältnissen ergibt.

An den wieder aufgerichteten Endzweigen der untersten Äste kann selbstverständlich dieselbe Verteilung und Richtung der Blattspreiten eingehalten sein, welche die aufrechten Gipfelzweige zeigen; nicht so an denjenigen Zweigen, welche die horizontale Richtung bleibend beibehalten oder sich mit der Spitze sogar gegen den Boden neigen. Gesetzt den Fall, der Ahornzweig, welcher nebenstehend abgebildet ist, wäre nicht aus einer mittlern Knospe am Gipfel des Baumes hervorgewachsen und rage nicht lotrecht in die Höhe, sondern er habe sich aus einem ältern untern Äste entwickelt und sei nahezu wagerecht vorgestreckt. Würden nun die Flächen der Laubblätter auch an dem wagerechten Zweige dieselbe Richtung wie an dem hier abgebildeten aufrechten Zweige einhalten, so wäre das für sie die denkbar unvorteilhafteste Lage gegen das einfallende Licht. Es ist bringend notwendig, daß sie diese Lage ändern und sich wieder zweckmäßig einstellen. Diese Einstellung der von horizontalen Zweigen ausgehenden Laubflächen erfolgt denn auch und zwar auf viererlei Weise. Entweder vollzieht sich eine entsprechende Drehung der Stengelglieder, oder es findet eine Drehung der Blattstiele statt, oder die Blattstiele drehen sich zwar nicht, aber die Neigung derselben gegen die Blattfläche wird eine andre, oder endlich einzelne Blattstiele verlängern sich ganz außerordentlich, so daß die von ihnen getragenen Blattspreiten über die benachbarten weit hinausgeschoben werden. Selbstverständlich kommt es häufig vor, daß sich diese Veränderungen auch mannigfach kombinieren.

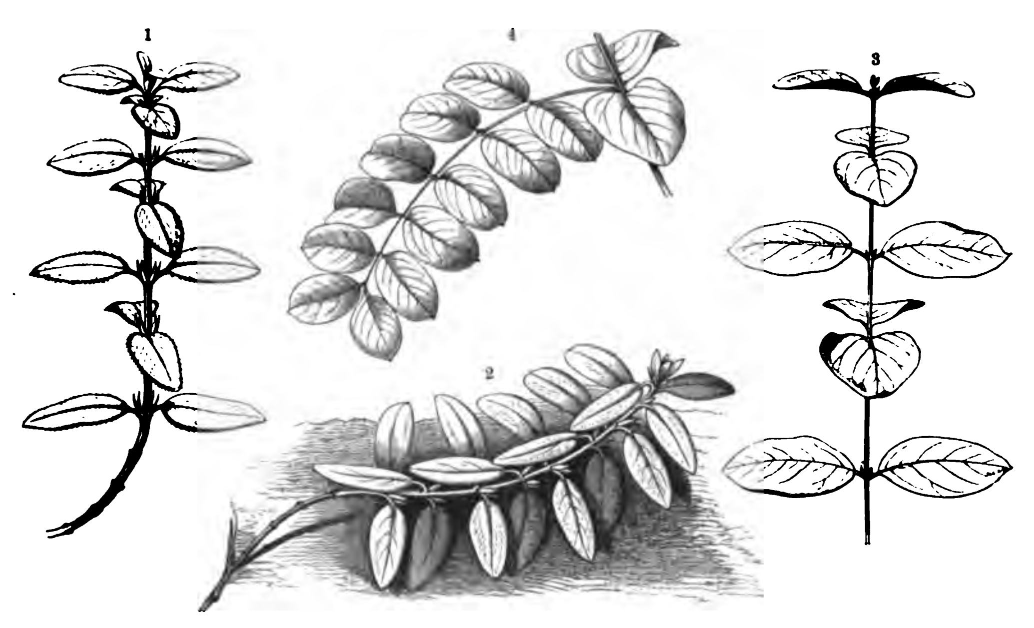


Aufrechter belaubter Zweig des Spitzahorns (Acer platanoides). Vgl. Text, S. 386, 388 und 389.

Was den ersten Fall, die Drehung der Stengelglieder, anlangt, so beobachtet man denselben an den Haselnußsträuchern, den Buchen und Hainbuchen und insbesondere häufig an Bäumen, Sträuchern, Lianen und Stauben mit dekussierten, kurzgestielten Blättern, wie z. B. an Cornus und Thunbergia, an Lonicera und Diervilla, an

Androsaemum und Hypericum, an Thymus und Vinca, Coriaria myrtifolia, Gentiana asclepiadea und noch unzähligen andern. Untenstehende Abbildung, Fig. 3, stellt einen aufrechten Zweig von Diervilla Canadensis dar. Sobald ein solcher Zweig nicht in die Höhe, sondern horizontal auswächst, findet in jedem Stengelgliede eine Drehung um 90° statt, und die Folge ist, daß die Flächen sämtlicher Blattpaare die gleiche Lage gegen die Sonne erhalten, wie es in Fig. 4 zu sehen ist. Die Blätter sind jetzt nicht mehr in vier, sondern in zwei Zeilen geordnet.

Hand in Hand mit dieser Drehung der Stengelglieder geht sehr häufig die Drehung der Blattstiele. Besonders auffallend und für sich allein, d. h. ohne gleichzeitige Drehung der Stengelglieder, wird die Drehung der Blattstiele an dem Judasbaume (Cercis Sili-



Drehung der Stengelglieder und Blattstiele: 1. Aufrechter Zweig des großblütigen Sonnenröschens (Helianthemum grandiflorum). — 2. Dem Boden aufliegender Zweig derselben Pflanze. — 3. Aufrechter Zweig der Diervilla Canadensis. — 4. Abwärts gebogener Zweig derselben Pflanze. Vgl. Text, S. 387 und 388.

quastrum) beobachtet. Wie man an den aufrechten Zweigen, besonders schön an den Schößlingen dieser Pflanze beobachten kann, sind die Blätter desselben in der Einhalb-Stellung, also in zwei Zeilen, angeordnet. Die Spreiten der Blätter sind an diesen aufrechten Zweigen parallel zum Erdboden gerichtet. Schneidet man einen solchen Schößlingszweig ab und hält ihn horizontal, so erscheinen alle Blattflächen senkrecht gegen den Erdboden gestellt. Man sollte nun erwarten, daß sie diese Lage auch zeigen, wenn der Zweig aus eignem Antriebe horizontal geworden ist. Aber nichts weniger als das. Es drehen sich vielmehr dann die Stiele sämtlicher Blätter so lange, bis die von ihnen getragenen Spreiten oder Flächen auch an den horizontalen Zweigen wieder eine zum Erdboden parallele Lage erhalten, und die Folge ist, daß die Blätter des Judasbaumes an allen Zweigen, mögen diese aufrecht, schief, horizontal oder gegen die Erde gebogen sein, stets die gleiche Lage zum einfallenden Lichte zeigen.

Was den dritten Fall, die Änderung in der Neigung der Blattfläche zum Blattstiele, anlangt, der im ganzen genommen nur ziemlich selten vorkommt, so führen wir als bekanntestes Beispiel den kürzlich erwähnten japanischen Papiermaulbeerbaum

(Broussonetia papyrifera) in untenstehender Abbildung vor. Die Blätter sind an demselben dekussiert gestellt, also in vier Zeilen angeordnet, je zwei und zwei Blätter gegenüber, und die aufeinander folgenden Paare um einen rechten Winkel gegeneinander verschoben. An den aufrechten Zweigen nehmen sie also jene Stellung ein, welche der Ahornzweig (s. Abbildung, S. 386) und der Zweig von Diervilla (s. Abbildung, S. 387, Fig. 3) zeigen. An den horizontal gerichteten Zweigen der untern Äste eines Papiermaulbeerbaumes sieht man aber folgende Veränderung eingetreten. Von jedem Blattpaare richtet sich einer der Blattstiele parallel zur Erdoberfläche und liegt in der Ebene der von ihm getragenen gleichfalls nahezu horizontal ausgebreiteten oder doch nur wenig geneigten Blattfläche; der andre Blattstiel aber erhebt sich senkrecht von dem horizontalen Zweige; die von ihm getragene Blattfläche ist unter einem rechten Winkel knieförmig abgebogen und infolgedessen wieder parallel zum Erdboden gestellt. Zur Vervollkommnung dieser seltsamen Anordnung der Blätter wirken allerdings auch noch eine geringe Drehung der Stengel-



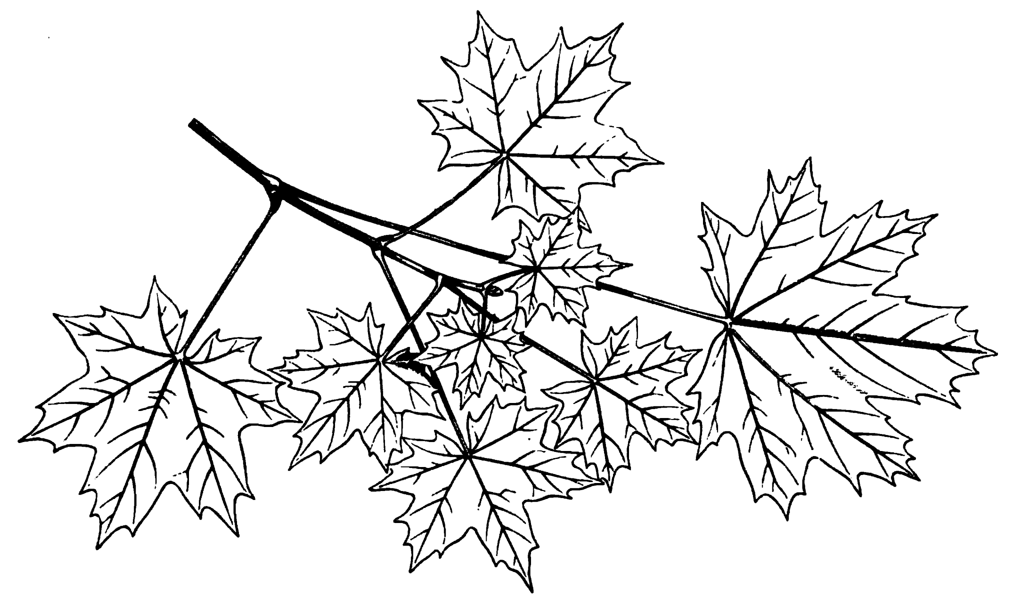
Wagerecht abstehender belaubter Zweig des Papiermaulbeerbaumes (Broussonetia papyrifera).

glieder, Verkürzung der sich aufrichtenden Blattstiele und Verkleinerung der von diesen getragenen Blätter mit, was übrigens die obige Abbildung weit besser als die ausführlichste Beschreibung zeigen dürfte.

Etwas häufiger als an Bäumen und Sträuchern findet sich die Aufrichtung einzelner Blattstiele über die horizontalen Zweige an niedern Halbsträuchern und Kräutern, deren mit dekussierten Blättern besetzte Sprosse teilweise platt auf den Boden zu liegen kommen, so namentlich an einigen Ehrenpreisarten (Veronica officinalis und Chamaedrys) und an mehreren Arten der Gattung Sonnenröschen (Helianthemum). An dem großblütigen Sonnenröschen (Helianthemum grandiflorum), von welchem ein aufrechter Sproß in der Abbildung auf S. 387, Fig. 1, dargestellt ist, sieht man die Blätter paarweise angeordnet, dabei kreuzweise gestellt und somit in vier Zeilen am Stengel hinauflaufend. Streckt sich ein solcher Sproß über den Boden hin, so findet zunächst eine kleine Drehung der Blattstiele statt, damit die von ihnen getragenen Blattflächen parallel zum Boden zu liegen kommen; aber man bemerkt auch noch eine andre Veränderung. Aus jedem zweiten Blattpaare hebt sich einer der Blattstiele in die Höhe, die von ihm getragene Blattfläche ist unter einem nahezu rechten Winkel geneigt und legt sich über den dem Boden angeschmiegten Stengel, wie es in der Abbildung auf S. 387, Fig. 2, dargestellt ist. Infolge dieser Umlagerung sieht man die Blattflächen nicht mehr vierreihig, wie an den aufrechten Sprossen, auch nicht zweireihig,

wie bei Diervilla, sondern drei Reihen bildend, von welchen die mittlere Reihe aber eine geringere Zahl aufweist als die beiden seitlichen Reihen.

Der vierte Fall, der hier noch zu erörtern kommt, ist die Verlängerung einzelner Blattstiele. Derselbe wird besonders schön an den Ahornbäumen, namentlich an dem Spitzahorn (Acer platanoides), beobachtet, und es mag darum auch diese Art als Beispiel dienen. Die Abbildung auf S. 386 zeigt einen aufrechten Zweig dieser Ahornart. Die Stiele von je zwei gegenüberstehenden Blättern sind an den aufrechten Zweigen gleich lang. Wie ganz anders wird aber das Längenverhältnis an jenen Blattstielen, welche die horizontal gerichteten Zweige dieser Baumart schmücken. Da erscheint immer der eine der Partner

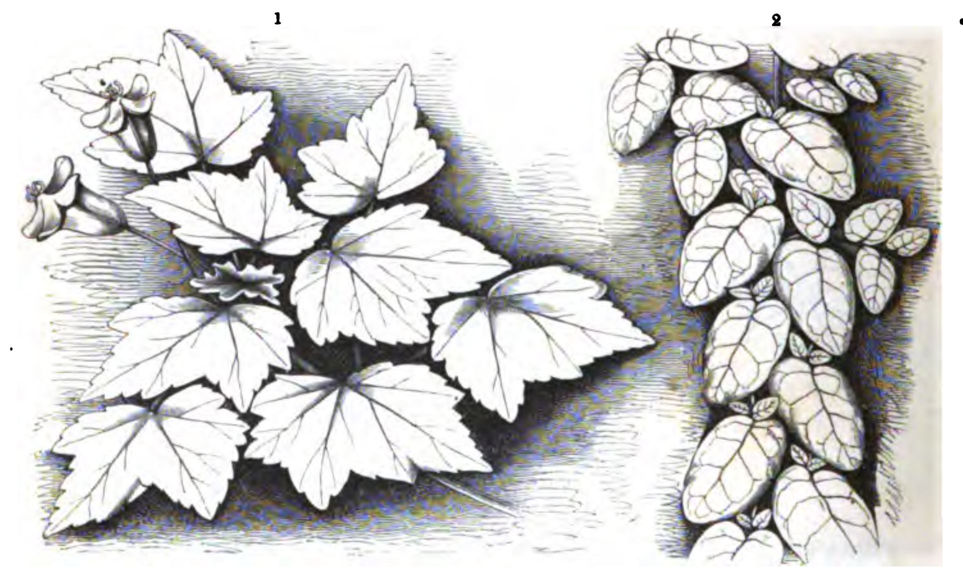


Seitlich vom Stamme abstehender belaubter Zweig des Spitzahorns (Acer platanoides).

bedeutend länger als der andre; es ist keine Seltenheit, daß er dreimal so lang wird als sein Nachbar, wie das auch in obenstehender Abbildung zu sehen ist. Und warum diese auffallende Ungleichheit? Der Grund ist immer wieder der gleiche wie in all den frühern Fällen. Würden an den horizontalen Zweigen alle Blattstiele jene Länge behalten, die sie an dem aufrechten Zweige (s. Abbildung, S. 386) haben, so käme immer das eine Blatt jedes zweiten Paares recht ungünstig im Schatten seiner Nachbarn zu stehen; diesem Nachteile muß gesteuert werden, und das geschieht hier am einfachsten dadurch, daß sich der betreffende Blattstiel so lange verlängert, bis die von ihm getragene Fläche aus dem Bereiche des Schattens in das Licht hinausgerückt ist.

Daß sich ähnliche Richtungsänderungen, Kürzungen und Verlängerungen, wie sie soeben für horizontale belaubte Zweige unterer Äste von Bäumen, Sträuchern und Stauben erörtert wurden, auch an jenen Pflanzen finden, welche einer steilen Felswand, einer senkrechten Mauer oder der Borke eines aufrechten Baumstammes angeschmiegt sind, kann im vorhinein erwartet werden. In der That trifft man sowohl an den verschiedenen kletternden und windenden Gewächsen als auch an jenen, deren Stengel parallel zu einer senkrechten Wand emporwachsen, ohne an diese angeheftet zu sein, wie z. B. an Rhamnus pumila und an vielen Begonien, alle früher erörterten Fälle wieder; nur stellen sich da die Blattspreiten nicht parallel zum Erdboden, sondern parallel zu jener Fläche, welcher

die Stengel der betreffenden Pflanze aufliegen oder anliegen. An solchen Pflanzen beobachtet man häufig auch noch eine andre Eigentümlichkeit, welche am zweckmäßigsten gleich hier besprochen wird, nämlich die Asymmetrie der Blätter. Während bei der Mehrzahl der Gewächse jedes Laubblatt durch eine vom Blattstiele zur Blattspitze hinziehende Mittelrippe in zwei gleiche oder doch nahezu gleiche Hälften geteilt wird, sind bei den Begonien, vielen kletternden Ficus, dem Zürgelbaume, den Rüstern und noch zahlreichen andern Gewächsen die beiden durch die Mittelrippe getrennten Teile des Blattes sehr ungleich. Die Ungleichheit betrifft vorzüglich die Basis des Blattes; es sieht so aus, als wäre ein Stück einseitig abgetrennt worden, oder als hätte man das Blatt dort schief abgeschnitten (s. untenstehende Abbildung). Zur richtigen Erklärung dieser Asymmetrie kommt man vielleicht am leichtesten dadurch, daß man sich das in Wegfall gekommene Stück ergänzt denkt, oder mit

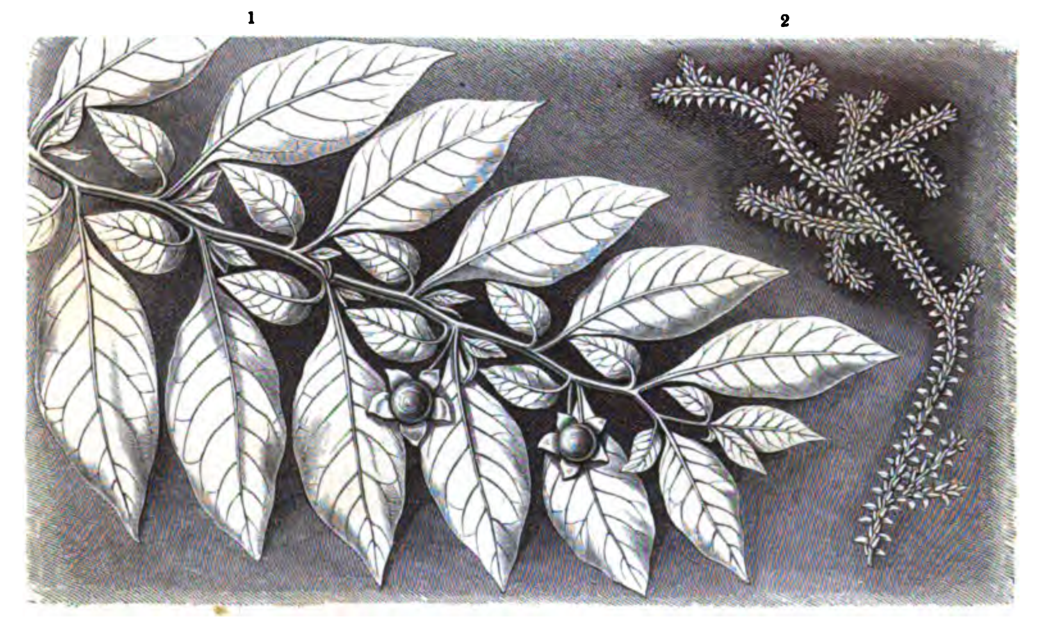


Blättermosaik aus asymmetrischen Blättern: 1. Begonia Dregei vor einer senkrechten Wand. — 2. Ficus scandens an einer senkrechten Wand. Vgl. Text, S. 390-392.

andern Worten, daß man die kleinere Halbscheid ebenso groß und ebenso geformt annimmt wie die größere. Da stellt sich heraus, daß die Ergänzungsstücke von den benachbarten Blättern überdeckt sein würden, daß sie infolgedessen des Lichtes entbehren müßten, und daß daher in diesen Teilen des Laubblattes, wenn sie vorhanden wären, die Chlorophyllkörper doch keine Thätigkeit entfalten könnten. Dann ist aber dieses Stück des Laubblattes auch überflüssig, und es liegt durchaus nicht in der Ökonomie der Pflanze, so viel Blattgewebe für nichts und wieder nichts zu erzeugen. Die Pflanze bildet niemals Überflüssiges und Unnützes; bei dem Aufbaue aller Teile waltet sichtlich der Grundsatz, mit möglichst wenig Material den denkbar größten Erfolg zu erzielen und die gegebenen Verhältnisse, zumal den vorhandenen Raum, so weit wie möglich auszunutzen.

Von diesem Gesichtspunkte ist auch noch eine andre Erscheinung, nämlich die ungleiche Größe benachbarter Blätter an einer und derselben Pflanze, zu beurteilen. Jedem, der einen horizontal abstehenden Ast der Tollkirschenstaude (Atropa Belladonna, s. Abbildung, S. 391, Fig. 1) von oben ansieht, muß es auffallen, daß hier größere und kleinere Blätter in ganz eigentümlicher Weise gruppiert sind. Die größern Blätter stehen in zwei Reihen, ihr Zuschnitt bringt es mit sich, daß zwischen je zweien

in der Nähe des Stengels Lücken offen bleiben, welche aber als Lichtdurchlässe für andre tiefer stehende Blätter aus dem einfachen Grunde nicht von Vorteil sein können, weil sich unter den betreffenden Ästen überhaupt keine andern lichtbedürftigen Blätter mehr finden. In diese Lücken schalten sich nun kleinere grüne Blätter ein, welche als Deckblätter der Blüten-, beziehentlich der Fruchtstände zu gelten haben, in ihrer Funktion aber mit den großen Laubblättern ganz übereinkommen. Diese kleinen Blätter drehen und wenden sich so lange, bis jedes genau in die Mitte einer Lücke zu liegen kommt, wo sie weder eins der großen Blätter beeinträchtigen, noch auch selbst von diesen beeinträchtigt werden. Ein ganz ähnliches Einschieben kleinerer Blätter in die Lücken zwischen die großen Laubblätter beobachtet man auch an dem Stechapfel (Datura Stramonium), welcher in Fig. 3, und an

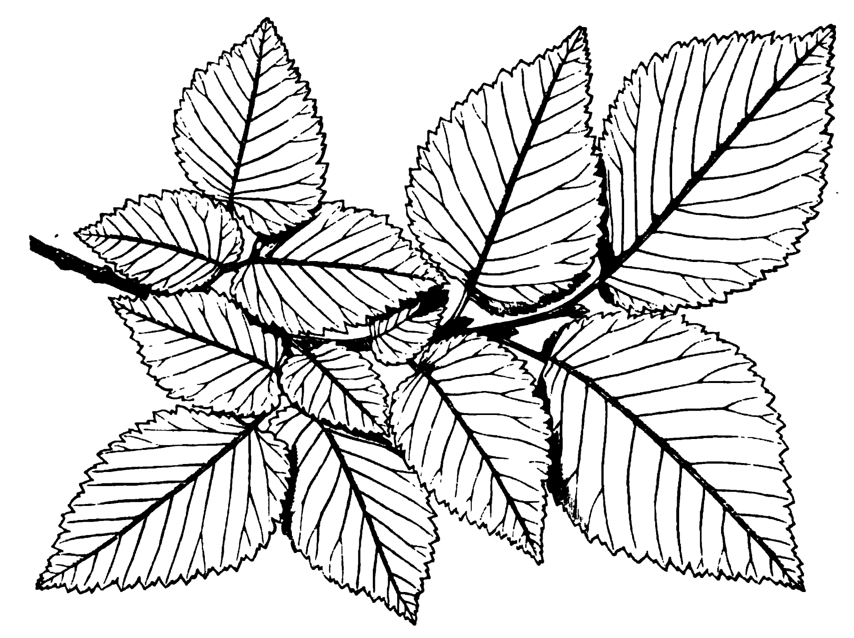


Mosaik aus ungleich großen Blättern: 1. Abstehender Zweig einer Tollkirschenstaude (Atropa Belladonna), von oben gesehen. — 2. Selaginella Helvetica, von oben gesehen. Vgl. Text, S. 390 und 391.

Impatiens parviflora, welche in Fig. 1, S. 381, abgebildet ist. Bei kurzgestielten Blättern erscheint dieses mosaikartige Zusammenfügen größerer und kleinerer Flächen auch mit einer Asymmetrie der Blattbasis verbunden, wie z. B. an dem an einer Wand hinaufkletternden Stengel der Ficus stipulata (s. Abbildung, S. 390, Fig. 2) und an den horizontalen ältern Zweigen der Rüstern (Ulmus), von welchen einer S. 392 eingeschaltet ist. Daß bei dem Papiermaulbeerbaume die zu mittlern Reihen geordneten, von aufrechten Stielen getragenen Blattflächen bedeutend kleiner sind als die seitlichen Reihen der von horizontalen Stielen ausgehenden Blattflächen (s. Abbildung, S. 388), wurde bereits erwähnt. Recht auffallend tritt diese Verschiedenheit in der Größe der zu mittelständigen und randständigen Reihen an liegenden Stengeln geordneten Blätter auch an den in die Familie der Bärlappe gehörigen zierlichen Selaginellen hervor, von welchen eine Art, nämlich Selaginella Helvetica, obenstehend, Fig. 2, abgebildet ist.

Es ist bemerkenswert, daß das Vorkommen von Blättern zweierlei Größe an demselben Stamme sowie das mosaikartige Zusammenschieben und Anschließen der Blätter in einer Ebene besonders an jenen Gewächsen beobachtet wird, welche an schattigen oder halbschattigen Plätzen wachsen. Dort brauchen sie sich nicht gegen ein Zuviel des Lichtes zu schützen,

im Gegenteile, es ist dort von ihnen das spärlich zugemessene Licht, so gut es geht, auszunutzen, und das geschieht eben dadurch, daß sich alle Blätter eines Stockes wie die Steine eines Mosaik in einer Ebene aneinander fügen. Durch gleichmäßig gerundete oder elliptische Blätter ist freilich ein solches Mosaik nicht so gut herzustellen. Dagegen eignen sich hierzu besonders gut asymmetrische oder rhombische, deltoidische, fünfeckige, überhaupt polygonale Flächen. Die Blattmosaiken in den Abbildungen auf S. 390, Fig. 1 und 2, sowie an dem untenstehend abgebildeten Rüsternzweige sind hierfür treffliche Belege. Besonders lehrreich in dieser Beziehung ist auch das Blattmosaik, welches der Epheu im Grunde schattiger Haine bildet. An dem S. 393 eingeschalteten kleinen Bilde,



Mosaik aus ungleich großen asymmetrischen Blättern. Belaubter wagerecht abstehender Zweig einer Rüster (Ulmus), von oben gesehen. Vgl. Text, S. 391.

welches die getreue Wiedergabe einer den Waldboden teppichartig überkleidenden Epheugruppe ist, sieht man, wie sich die fünfeckig-lappigen Blätter mit der Zeit aneinander geschmiegt haben. In die Buchten der einen schoben sich die Lappen und Ecken der andern ein, und so entstand ein Gefüge von Blättern, wie es mit Rücksicht auf die gegebenen äußern Verhältnisse kaum passender ersonnen werden könnte. Diesem Mosaik sieht man es wohl nicht mehr an, daß es aus zwei die liegenden Stengel gleichmäßig besetzenden Blattreihen hervorgegangen ist. Welche mannigfaltigen Hebungen und Senkungen, Drehungen, Verschiebungen und Verlängerungen mußten stattfinden, um aus den regelmäßigen Blattreihen ein solches Blattmosaik zu gestalten! Für uns aber ergibt sich aus der Betrachtung aller dieser Fälle: daß nicht nur die Stellung und Verteilung des Laubes, die Richtung und Länge der Blattstiele, sondern auch die Größe, ja sogar die Form der Blattflächen und das dadurch bedingte mosaikartige Gefüge derselben mit den Beleuchtungsverhältnissen in ursächlichem Zusammenhange steht, daß insbesondere an Orten mit schwachem Lichte die Pflanze das Bestreben zeigt, das Sonnenlicht für das grüne Gewebe der Laubblätter mit den vorhandenen Mitteln und entsprechend den gegebenen räumlichen Verhältnissen so gut wie möglich auszunutzen und zu verwerten.

Einrichtungen zum Festhalten der angenommenen Lage.

Wenn die grünen Gewebe der Pflanzen die für sie günstigste Lage einmal eingenommen haben, sollen sie in derselben auch möglichst lange beharren können, und jede weitere Veränderung soll möglichst vermieden sein. Auch die in den vorhergehenden Zeilen beschriebenen Verschiebungen, Krümmungen und Verlängerungen, welche die vorteilhafteste Einstellung des grünen Gewebes zum Lichte anstreben, dürfen nicht beschränkt werden, und endlich sollen selbstverständlich alle Verzerrungen, Knickungen und Zerreißungen der mit Chlorophyll ausgestatteten Gewebe, welche mit einer Vernichtung des betreffenden Teiles gleichbedeutend sein würden, hintangehalten sein.

In der Tiefe stehender Gewässer, im Grunde von Tümpeln, Teichen und Seen, findet eine Änderung der von den ausgewachsenen Pflanzen angenommenen Lage infolge eines äußern Anstoßes nur selten statt, und wenn schon einmal durch vorüberhuschende Wassertiere Strömungen und Wirbel in der Flut und weiterhin Schwankungen der Wasserpflanzen entstehen, so geht das rasch vorüber, und die ins Schwanken gekommenen Teile



Blättermosaik. Epheu im Waldgrunde. Vgl. Text, S. 392.

kehren, ohne Nachteil erfahren zu haben, in ihre frühere Stellung alsbald zurück. An derlei Wasserpflanzen sind besondere Einrichtungen zur Festigung der einzelnen Teile, insbesondere Einrichtungen, welche dahin abzielen, die grünen Gewebe vor dem Zerreißen und dem Zerknicktwerden zu schützen, nicht vorhanden. Es genügt eine geringe Festigkeit und Elastizität der Zellhäute, um dem Stoße und Zuge und den Druckkräften, welche sich in der Wassertiefe geltend machen, zu widerstehen und die gelegentlich einmal verschobenen grünen Teile wieder in die richtige Lage zu bringen. Feste Holzzellen und Stränge aus elastischen Bastzellen, welche in den von Luft umspülten Pflanzenteilen eine so wichtige Rolle spielen, fehlen hier. Weder im Meere noch im süßen Wasser wachsen Holzpflanzen. Freilich fallen infolge des Mangels von Holz und Bast die Wasserpflanzen, wenn man sie aus der Tiefe herausholt und an die Luft bringt, rasch zusammen, ihre Blätter knicken durch ihre eigne Schwere ein und sinken schlaff auf die Unterlage hin. Daß sie sich im Wasser aufrecht erhalten, hängt davon ab, daß ein Teil ihrer Gewebe von luftgefüllten, verhältnismäßig sehr großen Räumen durchzogen ist, wodurch ihr Gewicht im Vergleiche zu dem des Wassers sehr verringert wird. Wären die Wasserpflanzen nicht in dem Sande und Schlamme oder an den Felsen unter Wasser festgewachsen, so würden sie zur Oberfläche hinaufkommen und auf dieser schwimmen. Da sie aber in der Tiefe fixiert sind, bewirken die luftgefüllten

Räume innerhalb des grünen Gewebes der Blätter oder der Stiele, von denen die Blätter getragen werden, daß sich diese Organe aufrecht stehend und gleichsam schwebend im Wasser erhalten.

Pflanzen, welche im strömenden Wasser wachsen, und solche, welche dem Anlaufe der Wellen am Strande ausgesetzt sind, werden schon auf eine härtere Probe in betreff ihrer Festigkeit und Zähigkeit gestellt. So manche derselben, wie z. B. die Tange an den Meeresküsten, die langblätterigen Laichkräuter in den rasch fließenden Gebirgsbächen und die Podostemaceen in den Sturzwellen der Wasserfälle tropischer Gegenden, werden sogar ununterbrochen hin- und hergeschwenkt und erschüttert, und es muß daher diesen Verhältnissen ihres Standortes auch durch ihren Bau gebührend Rechnung getragen sein. Das Gewebe dieser Pflanzen ist auch viel zäher als jenes der Armleuchtergewächse, der Najadeen, der dreiteiligen Wasserlinse, der Tausendblattarten und verschiedener andrer, welche in der Tiefe stiller Wassertümpel ein ruhiges Leben führen. Dasselbe ist nicht gebrechlich, sondern elastisch biegsam, und viele Tange haben ganz das Ansehen von Riemen und Bändern, die aus Leder geschnitten sind. Manche dieser Tange kommen zur Zeit der Ebbe regelmäßig aufs Trockne zu liegen, knicken aber dabei nicht ein, selbst dann nicht, wenn das Wasser sich rasch zurückzieht, sondern sie legen sich mit ihren biegsamen, blattähnlichen Flächen platt auf den trocken gelegten Sand oder die Steine an. Wenn dann die Flut kommt, werden sie wieder allmählich emporgehoben und nehmen in dem umspülenden Gewässer eine aufrechte Lage ein, was insbesondere bei den derben Tangen noch wesentlich dadurch begünstigt wird, daß sie blasenförmig aufgetriebene Hohlräume, förmliche Schwimmblasen, in ihrem Gewebe eingeschaltet enthalten. Mehrere Arten der Armleuchtergewächse, noch mehr aber die Lithothamnien und Korallinen, welche auf S. 238 besprochen und auf der dort beigehefteten Tafel abgebildet erscheinen, erlangen durch Einlagerung von Kalk in die Zellhaut eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen die anlaufenden Wellen, und wieder andre schmiegen sich mit ihrer ganzen Fläche den Felsriffen und Steinen des Küstensaumes so dicht an, daß sie sich wie farbige Flecke auf denselben ausnehmen, und daß eine Zerknickung oder ein Hin- und Herschwenken durch den Wogenschwall völlig ausgeschlossen ist. Das gilt z. B. von der die Steine mit blutroten Flecken überziehenden Hildebrandtia rosea und Hildebrandtia Nardi.

Ähnlich diesen Wasserpflanzen verhalten sich auch viele Sumpfpflanzen, welche nur teilweise und oft nur zeitweilig unter Wasser stehen, deren auf dem Wasser schwimmende Laubblätter aber zur Hälfte von Wasser, zur Hälfte von Luft bestrichen werden, oder deren Blattflächen auch ganz über dem Wasserspiegel emporgehoben erscheinen. Die Änderung des Wasserstandes führt wohl eine höhere oder tiefere Lage, eine Hebung und Senkung der schwimmenden Blätter herbei, aber diese vollzieht sich ohne die geringste Zerrung der betreffenden Teile. Die Stengel sowie die Stiele der Blätter, welche von einem im Grunde des Wassers eingewurzelten Stocke ausgehen, gleichen alle langen Stricken und Fäden, an deren oberm Ende die Blattscheiben befestigt sind. Beim höchsten Wasserstande stehen die schwimmenden Blattscheiben in lotrechter Linie über dem in der Tiefe eingewurzelten Stocke, dem sie angehören; sinkt dann das Wasser, so senken sich mit ihm auch die auf seinem Spiegel schwimmenden Blattscheiben, indem sie gleichzeitig auseinander rücken. Die Stiele und Stengel, welche von einem Stocke ausgehen, machen beiläufig dieselbe Bewegung durch, welche man an den Stäben eines Sonnenschirmes sieht, den man mit seiner Spitze in den Boden gesteckt und dann geöffnet hat. Sobald der Wasserstand wieder zunimmt, so findet selbstverständlich die umgekehrte Bewegung statt. Manche dieser Sumpfpflanzen, wie z. B. die Wassernuß (Trapa), zeigen in den schwimmenden Teilen ihrer Blätter auch luftgefüllte Blasen eingeschaltet, welche dieselbe Bedeutung wie jene der Tange haben. Auch

bemerkt man an ihnen häufig zweierlei grüne Laubblätter: untergetauchte, welche ganz so ausgebildet sind wie jene der Wasserpflanzen, und schwimmende, welche mehr oder weniger die Scheibenform zeigen, an der untern Seite mit dem Wasser, an der obern mit der Luft in Berührung stehen und unter Umständen ohne Nachteil auch ganz von Luft umspült sein können. Trocknet ein Sumpf aus, so würden lange, dünne Stengel und Blattstiele nichts weniger als vorteilhaft sein, die meterlangen Blattstiele einer Seerose würden die Blattscheiben nicht aufrecht zu tragen vermögen, sondern umfallen und einknicken. Auch auf den Boden hingestreckt wären solche lange, fadenförmige Blattstiele nicht von Vorteil. Man sieht auch, daß alle derlei Sumpfpflanzen sich sofort verändern, wenn das Wasser sich zurückgezogen hat. Die neuentwickelten Blätter haben nur noch kurze Stiele, und diese sind dann so fest und elastisch geworden, daß sie die Blattscheiben ganz gut zu tragen im stande sind. Die Seerosen sind hierfür recht auffallende Beispiele. Auch an dem amphibischen Knöterich (Polygonum amphibium) kann man sehen, daß die langen Stengel der Wasserform, welche an ihrem obern Ende eine Gruppe schwimmender Blätter tragen, viel schlaffer sind als die kurzen Stengel der Landform, welche von unten bis oben gleichmäßig mit Blättern besetzt sind.

Die grünen Gewebe, welche rings von Luft umspült werden, sind der Gefahr, durch heftig anprallende Windstöße abgerissen, geknickt und zerfetzt zu werden, in weit höherm Grade ausgesetzt als jene, welche ganz oder teilweise im Wasser untergetaucht leben.

Wo das grüne Gewebe nur in der Rinde der Zweige ausgebildet ist, wie bei den laublosen Rutengewächsen, sind diese Zweige immer elastisch biegsam, und es sind zur Herstellung dieser Eigenschaft Bündel und Stränge von Hartbast, d. h. langgestreckte, spindelförmige, dickwandige Zellen von faserigem Ansehen, an geeigneten Stellen eingeschaltet. Auch der Holzkörper in diesen Zweigen ist sehr fest, und die Windstöße können diesen Rutensträuchern daher auch wenig Schaden thun; Stürme beugen sie oft ganz nieder, bei Nachlaß des Windstoßes heben sich aber die Zweige sofort empor und nehmen zufolge ihrer Elastizität ihre frühere Lage zum Lichte wieder ein. Die Bündel aus den Zellen des Hartbastes wechseln in manchen Fällen, wie z. B. an dem auf S. 306 abgebildeten Spartium scoparium, mit dem grünen Gewebe sehr regelmäßig ab, und es finden sich überhaupt die mannigfachsten Einrichtungen im innern Baue dieser Zweige, welche eine Knickung und ein Zerdrücktwerden des grünen Gewebes verhindern.

So wie die Stengel und Zweige, haben auch die Blätter anfänglich die Tendenz, vom Boden weg lotrecht in den Luftozean emporzuwachsen, und es gibt sogar sehr viel Pflanzen, deren Laub sich zeitlebens in dieser Lage erhält. Diese von Luft umfluteten Blätter sind selbstverständlich dem Anpralle der Stürme nicht weniger ausgesetzt als die aufrechten Zweige der Rutengewächse. Man muß sich gegenwärtig halten, daß bewegte Luft über den Boden wie ein gewaltiger Strom wellenförmig dahinflutet, und daß die Stromrichtung im allgemeinen der Oberfläche des Landes parallel ist. Pflanzenteile, welche vom Lande emporwachsen, werden von solchen Luftströmungen unter rechtem Winkel getroffen und sind so dem stärksten Anpralle des Windes ausgesetzt. Insbesondere Blätter, deren Flächen rechtwinkelig gegen die Stromrichtung eines Sturmes gerichtet sind, werden viel leichter gebogen und geknickt werden als solche, deren Fläche parallel zur Stromrichtung liegt. Der Erfolg des Windstoßes steigert sich auch entsprechend dem Umfange, welchen die von Luftströmen getroffene Fläche besitzt; auch wird ein aufrechtes oder abstehendes großes Blatt durch den Luftstrom eine viel stärkere Biegung erfahren als ein kleines Blättchen, welches wie eine Schuppe dem Stengel anliegt.

Auf welche Weise können nun von einem grünen Blatte, welches dem Himmelslichte zuwächst, rings von Luft umgeben und von allen Seiten dem Anpralle der Windstöße

ausgesetzt ist, die Gefahren der Knickung hintangehalten werden? Zunächst jedenfalls durch dieselben Ausbildungen, welche für die aufrechten grünen Zweige der Rutensträucher angegeben wurden, d. h. eine passende Lagerung des grünen Gewebes zwischen geschmeidige, elastische Faserbündel aus Bastzellen, Verspreizung durch dickwandige Holzzellen und andre zellige Bildungen, wodurch dem ganzen Gebilde mit dem Aufwande möglichst geringer Mittel eine Festigkeit gegeben wird, welche die dünnwandigen Zellen des grünen Gewebes schon mit Rücksicht auf ihre Funktion niemals haben können.

Aber auch die ganze Gestalt und die Lage des Blattes muß den Umständen angemessen sein und zwar aus dem einfachen Grunde, weil eine mit Rücksicht auf die herrschenden Winde unzweckmäßig aufgebaute Pflanze Schaden leiden, zu Grunde gehen und früher oder später von andern, den gegebenen Verhältnissen besser angepaßten Arten verdrängt werden würde. Insofern kann es wohl als eine Anpassung der Form aufgefaßt werden, wenn ein Blatt mit seiner Fläche parallel oder nur wenig geneigt zur Erdoberfläche, also in der Stromrichtung des Windes, liegt, so daß die bewegte Luft unter einem sehr stumpfen Winkel auffällt und eine Knickung der Fläche kaum erfolgen kann. Da diese Lage der grünen Blätter auch mit Rücksicht auf das Licht für die meisten Pflanzen eine sehr vorteilhafte ist, so darf es nicht überraschen, daß gerade sie so häufig in Erscheinung tritt. Es ist wohl an solchen Flachblättern ein Heben und Senken und mitunter auch eine Biegung der Fläche unvermeidlich, zumal dann, wenn der Stoß des Windes von jener Seite herkommt, gegen welche der freie Rand des ruhenden Blattes gewendet ist; aber ein solcher Anstoß auf das zur Erdoberfläche parallele oder gegen den Horizont sanft geneigte Flachblatt wird durch zwei Einrichtungen möglichst unschädlich gemacht.

Die eine besteht darin, daß die ziemlich steifen Blattflächen wie Windfahnen um den Stengel, von dem sie ausgehen, drehbar sind. Sie findet sich verwirklicht an mehreren rohrartigen Gräsern, besonders auffallend an **Phalaris arundinacea**, **Eulalia Japonica** und an dem weitverbreiteten Rohr **Phragmites communis**. Dieses letztere, welches oft in unermeßlichen Beständen in den sumpfigen Niederungen und Thalböden und im Ufergelände der Flüsse angesiedelt ist, entwickelt hohe, schlanke Halme, welche mit zahlreichen Blättern besetzt sind. Diese Blätter bestehen, wie die Blätter aller Gräser, aus der vom Stengel abstehenden Spreite, welche lineal ziemlich breit und zugespitzt ist, und dann aus der Scheide, welche die Gestalt eines Hohlcylinders besitzt, der den Halm eng umschließt, und aus dem man das betreffende Halmstück wie aus einer Röhre herausziehen kann. Solange die Halme und Blätter noch nicht vollständig ausgewachsen sind, erscheinen die Blattspreiten steif aufgerichtet dem Halme parallel, später senken sie sich, stehen wagerecht ab und werden schließlich sogar etwas geneigt, so daß sie mit der Spitze gegen den Boden sehen. Sie bleiben dabei flach und sind so steif, daß sie durch schwache Luftströmungen nicht gebogen werden können. Auch wenn ein stärkerer Anstoß erfolgt, verbiegen sie sich nicht, wohl aber drehen sie sich wie die Windfahnen am Dachgiebel nach jener Richtung hin, gegen welche der Wind weht, also in den sogenannten Windschatten. Das ist nur dadurch möglich, daß sowohl der Halm als auch die ihn umschließende röhrenförmige Blattscheide an der Reibungsfläche sehr glatt sind, und daß die Blattscheide eine geringe Zerrung ohne Nachteil verträgt.

In der That findet man diese Ausbildung bei den genannten rohrartigen Gräsern, und es ist bei ihnen auch noch durch ein an der Grenze von Blattspreite und Blattscheide angebrachtes Häutchen Vorsorge getroffen, daß nicht etwa Regenwasser in die Scheide eindringt, die Reibung vermehrt und die Drehung erschwert. Die aus Tausenden von beblätterten Halmen des gewöhnlichen Rohres (**Phragmites communis**) zusammengesetzten

Bestände erhalten infolge der hier beschriebenen Einrichtung jedesmal, wenn ein Wind über das Rohrfeld weht, ein eigentümliches Aussehen. Kommt der Wind von Osten, so sind alle Blätter nach Westen gerichtet, kommt er von Westen, so sind sie mit ihren Spitzen dem Osten zugewendet. Der ganze Bestand sieht aus, als wäre er gekämmt worden, als hätte man alle Blattspreiten wie die Haare einer Mähne in die Richtung des Windschattens hingestrichen.

Die zweite Schutzeinrichtung gegen das Geknicktwerden der dem Boden parallelen oder gegen den Horizont sanft geneigten, breit angelegten Flachblätter beobachtet man an den Fächerpalmen, an den Ahornen, Pappeln, Birken, an den Birn- und Apfelbäumen und an unzähligen andern Holzgewächsen aller Florengebiete. Sie besteht in der Ausbildung langer, elastischer Blattstiele. Die Espe oder Zitterpappel (Populus tremula), welche als das beste Beispiel für die hierher gehörigen Formen angesehen werden kann, zeigt an den Zweigen ihrer Krone Laubblätter, deren rundliche Spreiten immer etwas kürzer sind als die Stiele. Bei der geringsten Bewegung der Luft sieht man sie hin- und herschwanken und zittern, und es ist diese Erscheinung so auffallend, daß sie sogar den Kernpunkt für mehrere recht hübsch erfundene Sagen abgegeben hat, und daß das „zittert wie Espenlaub" sprichwörtlich geworden ist. Aber selbst bei dem stärksten Sturme biegen sich nur die Blattstiele, welche durch Ausbildung von Bastbündeln einen hohen Grad von Elastizität erlangt haben; die von ihnen getragenen Blattspreiten bleiben flach ausgebreitet, steif und starr, werden durch den Anprall des Windes nicht verbogen, und es ist daher durch diese elastischen Blattstiele die Gefahr der Knickung der von ihnen getragenen Blattspreiten abgewendet.

An vielen Gräsern, beispielsweise an den verbreitetsten Cerealien, dem Weizen, dem Roggen und der Gerste, beobachtet man, daß die ersten grünen Laubblätter, welche die aus dem Samen aufgekeimte Pflanze entwickelt, aufrecht stehen, während die später entwickelten, welche von dem inzwischen emporgeschossenen schlanken Halme ausgehen, mehr oder weniger parallel zum Boden gerichtet sind. An vielen andern Gewächsen mit sehr verkürzten unterirdischen Stengelbildungen, namentlich an den Rohrkolben (Typhaceen) und an vielen Zwiebelpflanzen, nehmen sämtliche Laubblätter eine aufrechte Lage an und behalten dieselbe, bis sie vergilben und absterben. In aufrechter Lage sind die Blätter noch weit mehr dem Anpralle des in horizontaler Richtung über den Boden daherflutenden Windes ausgesetzt und auf Biegungsfestigkeit auch stärker in Anspruch genommen als die über den Boden ausgebreiteten Flachblätter, und es müssen an ihnen besonders wirksame Einrichtungen getroffen sein, damit sie der Gefahr der Knickung zu entgehen im stande sind.

Als eine der auffallendsten dieser Einrichtungen ist das Röhrenblatt anzusehen. Die Röhrenblätter sind immer aufrecht, an dem untersten Ende, dort, wo sie den Stengel oder die Nachbarblätter umfassen, ähnlich den reitenden Blättern der Schwertlilien, scheidenförmig gestaltet, sonst hohl, in einen langen Hohlcylinder ausgezogen und oben durch einen Hohlkegel abgeschlossen. Eine deutliche Mittelrippe ist nicht zu erkennen; an der gegen die Mittelachse des ganzen Pflanzenstockes gewendeten Seite sieht man manchmal eine seichte Furche, sonst ist das Hohlblatt ringsum gleichmäßig ausgebildet. Dasselbe macht nicht den Eindruck besonderer Widerstandsfähigkeit, und es fehlen ihm auch jene zelligen Elemente, welche man sonst zur Vermehrung der Festigkeit angewendet sieht, und dennoch besitzt es, wie alle Röhren, eine relativ große Biegungsfestigkeit und wird selbst bei heftigen Stürmen kaum jemals geknickt. Im ganzen ist diese auffallende Form des Laubblattes nicht häufig; am öftesten beobachtet man sie noch an Zwiebelgewächsen, wie z. B. am sibirischen und Schnittlauch, der Winter- und Sommerzwiebel (Allium Sibiricum, Schoenoprasum, Cepa, fistulosum). Häufiger begegnet man Bildungen, welche sich der Röhrenform dadurch einigermaßen nähern, daß ihre grünen, lang ausgezogenen

Flächen der Länge nach röhrenförmig zusammengerollt sind und zwar bald nach der gegen die Mittelachse der ganzen Pflanze gewendeten Seite, bald nach der Rückseite. Besonders bemerkenswert ist die Rollung, welche an den Blättern der Safranarten beobachtet wird. Man sieht da durch die ganze Länge des aufrechten Blattes einen weißen Mittelstreifen verlaufen, der von zwei grünen Bändern eingefaßt ist. Diese grünen Bänder erscheinen bei flüchtigem Ansehen flach, sind es aber nicht; in Wirklichkeit ist jedes dieser grünen Bänder spiralig zurückgerollt, und man sieht daher am Safranblatte eigentlich zwei grüne Röhren, mit dem weißen, chlorophyllosen Mittelstreifen verbunden. Durch die aufrechte Lage unterscheidet es sich von dem in gewisser Beziehung ähnlichen, aber in seiner Bedeutung verschiedenen Rollblatte, welches auf S. 277—283 ausführlicher behandelt wurde.

Als eine weitere hierher gehörige Einrichtung ist das Schraubenblatt zu nennen. Dasselbe ist besonders häufig an den Blättern von Zwiebelgewächsen, Rohrkolben und Gräsern und zwar ganz vorzüglich der jungen Pflanzen, wie z. B. der ersten grünen Laubblätter der Gerste und des Roggens, zu sehen. Immer sind es lange, schmale, aufgerichtete Blätter, welche diese schraubige Drehung zeigen. Bald beschränkt sich dieselbe nur auf einen, ja selbst nur auf einen halben Schraubenumgang, bald sind es 2, 3, manchmal sogar 4—6 Windungen, welche beobachtet werden. Die Blätter des neuseeländischen Flachses (**Phormium tenax**) sowie jene des Asphodills (**Asphodelus albus**), der Narzissen, der meisten bartlosen Schwertlilien und einiger Kiefern zeigen nur einen halben oder höchstens einen ganzen Schraubenumgang, jene des schmalblätterigen Rohrkolbens (**Typha angustifolia**) und zahlreicher Zwiebelarten (z. B. **Allium senescens, rotundum, obliquum**) 2—3 Drehungen, jene der **Sternbergia Clusiana** 3—4 und die der persischen **Sternbergia stipitata** sogar 5—6 Windungen. Derlei Laubblätter haben dann, auffällig genug, ein lockenförmiges Aussehen. Daß ein solches Schraubenblatt sich in seiner mechanischen Bedeutung dem Röhrenblatte nähert, und daß dasselbe eine größere Biegungsfestigkeit besitzt als eine ebene Blattfläche, steht außer Frage.

An den Blättern des Rohrkolbens kann man auch sehen, daß bei heftigem Winde die aufrecht stehenden Blätter nicht nur gebeugt, sondern auch etwas ausgestreift werden, daß nämlich an dem gebeugten Blatte die Schraube etwas mehr in die Länge ausgezogen wird. Sobald aber der Anstoß des Windes nachläßt und das Blatt wieder in die vertikale Lage zurückkehrt, stellt sich auch die frühere Form der Drehung wieder her. Der Vorteil, welchen ein aufrechtes, schraubig gedrehtes Blatt gegenüber einem aufrechten, ebenflächigen in Beziehung auf Windstöße besitzt, wird auch recht anschaulich, wenn man sich beide Blattformen in nächster Nähe dem gleich starken Luftstrome ausgesetzt denkt. Trifft der horizontal daherkommende Luftstrom auf die Breitseite eines ebenflächigen, aufrechten, steifen Blattes, so werden alle Punkte der Blattfläche senkrecht getroffen, und das Blatt wird eine sehr starke Beugung, möglicherweise auch eine Knickung erfahren; trifft er aber auf das schraubig gewundene, aufrechte Blatt, so werden alle Punkte desselben unter schiefen und zwar sehr verschieden schiefen Winkeln getroffen, der Luftstrom wird gleichsam in unzählige Luftströme gespalten, welche, den Windungen der Schraube entlang fortgleitend, nur eine vergleichsweise geringe Biegung bewirken und kaum jemals eine Knickung veranlassen. Wenn man solche Schraubenblätter in einiger Entfernung vom Winde bewegt sieht, so macht diese Bewegung auch einen ganz eigentümlichen Eindruck, weit mehr den Eindruck des Zitterns, Schwankens und Drehens als jenen des Beugens.

An die Form des Schraubenblattes schließt sich auch noch jene des Bogenblattes an. Sie findet sich gleichfalls an langen, bandförmigen Laubblättern ausgebildet. Im Beginne der Entwickelung ist das Bogenblatt noch aufrecht und ebenflächig; ausgewachsen bildet es einen nach oben zu konvexen Bogen. Dasselbe kann sowohl seitlich von aufrechten,

hohen Stengeln ausgehen, als auch dicht über dem Erdreiche entspringen. Sehr auffallend erscheinen die Bogenblätter an jenen Gräsern, welche im Grunde und am Rande der Wälder sowie an steilen Berglehnen ihren Standort haben, wie z. B. an **Milium effusum**, **Melica altissima**, **Calamagrostis Halleriana**, **Brachypodium silvaticum**, **Avena flavescens** und **Triticum caninum**. Dringt der Wind auf die Blätter dieser Pflanzen ein, so werden die Bogen, welche sie bilden, bald verengert, bald erweitert, je nachdem der Wind von dieser oder jener Seite herkommt. Bei ruhiger Luft nimmt ein solches Blatt gewissermaßen eine mittlere Stellung ein. Mag dann der Bogen bei bewegter Luft weiter oder enger werden, auf keinen Fall ist die dabei stattfindende Krümmung eine so weit gehende, daß die Blattspreite geknickt werden könnte. Zudem sind diese Blätter durch eine entsprechende Einlagerung von Bastbündeln so zugfest gemacht, daß selbst heftige Stürme ihnen nicht viel anhaben können. Bei diesen Gräsern mit bogenförmig überhängenden bandartigen Blattspreiten wird die Erscheinung manchmal noch dadurch kompliziert, daß sämtliche Blätter nach derselben Seite gewendet sind, so daß sie fast ein ähnliches gekämmtes Aussehen erhalten wie jene des Rohres, obschon ihre Scheiden um die Halme nicht drehbar sind. Man sieht das besonders dann, wenn die Pflanzenstöcke an einem Waldrande oder auf der schmalen Terrasse einer steilen Felswand, also an Punkten stehen, wo sie des Lichtes nur von einer Seite her teilhaftig werden. Es hängt diese einseitige Lage der Blätter mit der Beleuchtung zusammen und ist darauf zurückzuführen, daß ein gegen das Waldesdunkel oder gegen die schattengebende Felswand im Halbbogen hingewendetes Blatt dort nicht das genügende Licht erhalten würde. Ein solches Blatt dreht und beugt sich daher dem Lichte zu, was nun freilich eine Umkehrung der betreffenden Blattfläche zur Folge hat und zwar so, daß die ursprüngliche Rückseite des Blattes zur obern Seite wird.

Es braucht kaum gesagt zu werden, daß nicht nur bei den oben erwähnten Gräsern mit bogenförmig überhängenden und teilweise umgedrehten Blättern, sondern auch bei den Schraubenblättern und Röhrenblättern die Beziehungen zum Lichte einen nicht weniger wichtigen formbestimmenden Einfluß nehmen. Wenn diese Beziehungen nicht unter einem berücksichtigt werden, so geschieht das nicht aus Unterschätzung der Bedeutung des Lichtes in diesen speziellen Fällen, sondern nur aus dem Grunde, weil eine halbwegs klare Übersicht über diese äußerst komplizierten Verhältnisse nur durch einseitige Behandlung erlangt werden kann.

Schutzmittel der grünen Blätter gegen die Angriffe der Tiere.

Die Grundmasse der Chlorophyllkörper ist dem Protoplasma sehr ähnlich zusammengesetzt und wie dieses eine stickstoffhaltige Verbindung; durch die Thätigkeit der chlorophyllhaltigen Zellen werden Zucker und Stärke erzeugt, und die grünen Zellen enthalten demnach nicht nur eiweißartige Verbindungen, sondern auch Kohlenhydrate und zwar in einer Form, in welcher sie verhältnismäßig leicht verdaulich sind. Was Wunder, daß die Gewebe aus grünen Zellen für eine Unzahl von Tieren eine sehr begehrenswerte Nahrung bilden. Viele Tiere leben bekanntlich ausschließlich von Pflanzenkost und sind vorwaltend auf die chlorophyllhaltigen Gewebe angewiesen. Anderseits würde das Entnehmen aller ihrer grünen Teile der Vernichtung der betreffenden Pflanzen gleichkommen, zumal dann, wenn auch der Vorrat an Reservenahrung in ihnen erschöpft ist. Tierwelt und Pflanzenwelt stehen sich in diesem Sinne feindlich gegenüber. Der Erhaltungstrieb drängt die auf grüne Pflanzenkost angewiesenen Tiere, sich um jeden Preis ihre Nahrung zu suchen, die Pflanzen schonungslos anzugreifen und, wenn der Hunger drängt, auch mit Stumpf und Stiel zu vernichten. Die Pflanzenfresser vermögen nicht, gleich dem Menschen, bei der

Ausnutzung der Nahrungsmittel vorauszusehen, daß die Gewächse, aller grünen Organe beraubt, zu Grunde gehen müssen, daß es dann in den folgenden Jahren an der Nahrung für sie selbst und für ihre Nachkommen fehlen wird, und daß mit der Vernichtung ihrer Nährpflanzen die eigne Existenz aufs Spiel gesetzt ist. Wenn der Mensch den zu seinem Lebensunterhalte dienenden Gewächsen einen Teil entnimmt, so ist dieser Ausbeutung doch immer eine Grenze gezogen, die in kluger Überlegung und Voraussicht nicht überschritten wird. Er beläßt der Pflanze gerade noch so viel, als notwendig ist, damit sie sich erhalten und vermehren kann; ja, er sucht selbst die Ernährung, das Wachstum und die Vermehrung der ihm nützlichen Gewächse zu unterstützen und zu fördern und gibt sich alle erdenkliche Mühe, seine Nutzpflanzen gegen die zu weit gehenden Angriffe von Tieren zu sichern und zu schützen. Dieser von dem Menschen ausgehende Schutz beschränkt sich aber nur auf einen verhältnismäßig kleinen Teil der Pflanzenarten; alle diejenigen, von denen er keinen Vorteil zieht, bleiben unberücksichtigt, und es würden diese dem überwältigenden Ansturme der Tiere und der schließlichen Vernichtung preisgegeben sein, wenn ihnen nicht selbst Mittel zu Gebote stünden, mit welchen sie sich zu schützen und zu erhalten vermöchten. Allerdings sind diese Mittel nicht zum Angriffe auf die Tierwelt geeignet, und es ist das Verhältnis, in welchem sich die Pflanzenwelt den Tieren gegenüber befindet, nicht als ein Krieg, sondern als ein bewaffneter Friede aufzufassen.

Wenn aber den Pflanzen auch nur Verteidigungsmittel zur Abwehr zu Gebote stehen, so sind diese darum für die Angreifer nicht weniger gefährlich, und es kommen nicht nur den Stichwaffen vergleichbare Ausrüstungen, sondern auch Gifte und ätzende Flüssigkeiten reichlich zur Anwendung.

Was zunächst die Gifte anlangt, so ist hervorzuheben, daß dieselben nur dort und nur insoweit in den Pflanzen zur Entwickelung kommen, als notwendig ist, um dadurch wenigstens den größern Teil des Laubes und in zweiter Linie auch der Blüten und Früchte zu erhalten; ebenso ist daran zu erinnern, daß eine und dieselbe chemische Verbindung nicht immer auf alle Tiere gleichmäßig als Gift einwirkt. Das Laub der Tollkirsche (Atropa Belladonna) wirkt auf die größern weidenden Tiere als Gift und wird von diesen auch unberührt stehen gelassen; für das kleine Käferchen Haltica Atropae ist das Tollkirschenlaub aber nicht nur nicht giftig, sondern ist die wichtigste Nahrung dieses Tieres. Es werden durch die Larven dieses Käferchens oft zahlreiche Löcher in die Blätter gefressen, welche aber durchaus nicht die Entwickelung der Tollkirsche hemmen. Demnach sind die Blätter dieser Pflanze durch das in ihnen enthaltene Alkaloid nur gegen die Vertilgung im großen Maßstabe geschützt; beschränkte Teile derselben können ohne Nachteil preisgegeben und geopfert werden. Ähnlich verhält es sich mit zahlreichen andern Gewächsen, welche giftige Alkaloide oder andre den großen, auf Pflanzenkost angewiesenen Tieren schädliche Stoffe enthalten. Rätselhaft ist, wie die weidenden Tiere die ihnen nachteiligen Stoffe in den Blättern wahrnehmen. In manchen Fällen besitzen die betreffenden Pflanzen eigentümliche Riechstoffe, welche wenigstens auf die Geruchsnerven des Menschen einen widerlichen Eindruck machen, wie das z. B. bei dem Stechapfel (Datura Stramonium), dem Bilsenkraute (Hyoscyamus niger), dem gefleckten Schierling (Conium maculatum), der Osterluzei (Aristolochia Clematitis), dem Attich (Sambucus Ebulus) und dem Sevenstrauche (Juniperus Sabina) der Fall ist; viele andre giftige Arten aber, welche gleichfalls von weidenden Tieren gemieden werden, tragen Blätter, die für den Menschen, solange sie unverletzt sind, geruchlos bleiben, so z. B. die zahlreichen Arten von Eisenhut (Aconitum), die schwarze Nieswurz (Helleborus niger), der Germer (Veratrum album), die Zeitlose (Colchicum autumnale), der Seidelbast (Daphne Mezereum), die Wolfsmilcharten (Euphorbia) und die Gentianen (Gentiana), welche niemals von Hirschen, Rehen, Gemsen, Hasen,

ebensowenig von weidenden Rindern, Pferden und Schafen, ja nicht einmal von den genäschigen Ziegen berührt werden. Solange diese Pflanzen unverletzt im Walde und auf der Wiese stehen, machen die ihnen eigentümlichen Stoffe auf die Geruchsnerven des Menschen keinen Eindruck; wohl aber müssen diese Stoffe von den genannten Tieren durch den Geruchssinn wahrgenommen werden und zwar schon, bevor die Pflanze angebissen und verletzt wurde. Daß auch Gewächse, welche keine Alkaloide enthalten und überhaupt nicht als giftig für den Menschen gelten, von den weidenden Tieren sorgfältig gemieden werden, macht es wahrscheinlich, daß der Genuß derselben den genannten Tieren gleichfalls irgendwie von Nachteil ist. Das gilt insbesondere von den Moosen, den Farnen, den Dickblättern (Sempervivum und Sedum), mehreren Kressen (Lepidium Draba, perfoliatum, crassifolium), dem Leinkraute (Linaria vulgaris), dem breiten Wegerich (Plantago major) und vielen Melden.

Daß die Schachtelhalme (Equisetum), die grünen Blätter der Rauschbeere und Bärentraube (Empetrum und Arctostaphylos), der Alpenrose und Preißelbeere (Rhododendron und Vaccinium Vitis idaea) und noch zahlreiche andre immergrüne, niedere Sträucher, welche auf Heiden und Mooren sowie an den Gehängen der Hochgebirge einen Hauptbestandteil der Vegetationsdecke bilden, daß ferner die Proteaceen und Epakrideen, welche die Gebüschdickichte Neuhollands und des Kaplandes zusammensetzen, von den dort Nahrung suchenden Tieren gemieden werden, erklärt sich wohl daraus, daß das Gewebe dieser Pflanzen infolge der stark entwickelten, teilweise auch verkieselten Kutikularschichten sehr schwer verdaulich ist. Gewiß liegt also in der Ausbildung einer sehr dicken und festen Kutikula und der Einlagerung von Kieselsäure in die Zellhaut ein Schutzmittel gegen die Angriffe weidender Tiere, womit natürlich nicht gesagt sein soll, daß diese Funktion die einzige ist, welche diesen Gebilden zukommt.

Für manche Pflanzen ist das Wasser ein treffliches Schutzmittel gegen die weidenden Tiere und zwar das Wasser, welches als Regen und Tau auf die Laubblätter gelangt und sich dann, in besondern Vertiefungen angesammelt, tagelang, ja wochenlang erhält. Am Morgen, wenn die Pflanzen reichlich betaut sind, weiden die Wiederkäuer überhaupt nicht; sie warten, bis die den Blättern anhaftenden kalten Tau- und Regentropfen verdampft sind, und auch später lassen sie jene Pflanzen, denen Wassertropfen anhängen, beiseite. Sehr auffallend ist in dieser Beziehung das Frauenmäntelchen (Alchimilla vulgaris), welches im Volksmunde auch den Namen Taubecher führt und auf S. 210, Fig. 2, abgebildet ist. Regen und Tau bleiben hier im Grunde der schalenförmigen Blätter angesammelt, wenn ringsum auf der Wiese die andern Pflanzenarten oberflächlich schon ganz trocken geworden sind. Während nun diese letztern, soweit sie nicht auf andre Weise geschützt sind, von den weidenden Tieren abgefressen werden, bleiben die Taubecher unberührt und werden augenscheinlich gemieden. Daß hier nicht, wie bei den Farnen, der Gehalt an gewissen den Tieren unangenehmen Stoffen ins Spiel kommt, geht daraus hervor, daß die Blätter der Alchimilla, von denen das Wasser abgeschüttelt wurde, ganz gern als Nahrung von den weidenden Tieren angenommen werden. Es muß also den Tieren irgendwie unangenehm sein, Blätter abzuweiden, in welchen Wasser angesammelt ist.

Die wichtigste Rolle bei der Abwehr der nahrungsuchenden Tiere spielen übrigens die in feste, stechende Spitzen auslaufenden und den Angreifer verwundenden Organe, welche man die Waffen der Pflanze nennt. Es wurden diese Waffen in der botanischen Kunstsprache als Dornen und Stacheln unterschieden. Als Dorn (spina) bezeichnet man ein Gebilde, welches der Hauptmasse nach aus einem Holzkörper gebildet wird oder welches doch von Gefäßbündeln im Innern durchzogen ist, die aus dem Holzkörper ihren Ursprung nehmen, und das dann in eine harte, stechende Spitze ausläuft. Stachel (aculeus) nennt man dagegen ein Gebilde, welches von der Haut oder Rinde eines Pflanzenteiles ausgeht,

muß. Auf dem Almboden von Oberiß im Tiroler Stubaithale sah ich Tausende durch die Rinder entwurzelte, vertrocknete und von der Sonne gebleichte Rasen auf den Weidegründen liegen. Der Gedanke, daß die Tiere diese Verbesserung der Weide mit Überlegung ausführen, ist abzulehnen; wohl kann man aber annehmen, daß sie die Rasen des Borstengrases ausrupfen, um auf diese Weise des Genusses der andern zwischen diesen Rasen sprießenden Pflanzen teilhaftig zu werden und dabei nicht Gefahr zu laufen, sich mit den Spitzen der Borstengrasblätter das Maul zu verletzen.

Ein ansehnlicher Teil der Pflanzen mit nadelförmigen, stechenden Blättern bewohnt die durch große Trockenheit des Sommers ausgezeichneten Steppen, insbesondere die Hochsteppen Persiens, und bildet dort sogar einen bemerkenswerten Zug in dem Landschaftsbilde. Vor allen gilt dies von den zahlreichen Arten der Gattung Stachelrasen (Acantholimon), von welchen eine mit dornigen Tragantsträuchern untermischte, von Stapf nach der Natur gezeichnete Gruppe S. 405 eingeschaltet ist. Riesigen Seeigeln ähnlich, welche am Meeresgrunde gruppenweise ausgestreut liegen, leben diese in halbkugeligen Rasen wachsenden Pflanzen auf dem mit kleinen Steinchen bedeckten Boden der Hochsteppe und sind durch ihre von den Stämmchen allseitig abstehenden nadelförmigen Blätter so gut geschützt, daß sie niemals, weder von Gazellen noch von andern dort weidenden Tieren, abgefressen werden.

An die Nadelform der Laubblätter reiht sich jene an, welche man am besten mit dem Fortsatze des Schwertfisches vergleichen könnte. Im Umrisse sind die Blätter, welche dieser Form angehören, lineal oder lineal-lanzettlich, meist sind sie auch sehr verlängert, manchmal auch etwas bogig nach außen gekrümmt. Viele derselben sind verdickt und fleischig, aber dabei nach außen doch sehr fest und starr. Die aus den Endigungen von Gefäßbündeln hervorgegangenen Spitzen entspringen von beiden Rändern des Blattes und stehen in der Mehrzahl der Fälle senkrecht zum Rande, seltener sind sie nach vorn gerichtet. Entweder endigt jedes Blatt in einen kräftigen, spitzen Stachel, wie bei den Agaven, oder in einen Büschel von Fasern, wie bei Bonapartea und Dasylirion. Die Zähne an den Blättern der zuletzt genannten Gewächse erinnern in Gestalt, Glanz und Farbe am meisten an die Zähne der Haifische und können, wenn man mit ihnen in etwas zu intime Berührung kommt, furchtbare Wunden schlagen. Besonders reich an Pflanzen mit derartig bewehrten Blättern ist das mexikanische Hochland; dort ist insbesondere die Heimat der Agaven und Bromeliaceen, der Dasylirion- und Bonapartea-Arten. Auch das Kapland beherbergt eine Reihe hierher gehöriger Formen, namentlich aus der Gattung Aloë. Die Mannstreuarten mit agavenartigen Blättern (Eryngium bromeliaefolium, pandanifolium ꝛc.) gehören Mexiko und dem südlichen Brasilien an. Merkwürdigerweise besitzen auch mehrere Wasserpflanzen, wie namentlich Hydrilla, Najas und die Wasserschere (Stratiotes aloides), solche mit spitzen Dornen bewehrte Blätter und sind durch diese Einrichtung gegen die Angriffe pflanzenfressender Wassertiere leiblich gut gesichert.

Eine dritte mit Dornen bewehrte Form des Laubblattes ist jene der Disteln. Es ist hier das Wort Distel im weitesten Sinne und durchaus nicht auf die Arten der Gattung Carduus und Cirsium (s. Abbildung, S. 406) eingeschränkt zu nehmen. Man bezeichnet nämlich als Distelblätter alle diejenigen, welche mehr oder weniger gelappt, geteilt und zerschnitten sind und die am Rande und an den Enden der Lappen, Zipfel und Abschnitte mit starren, stechenden und abstehenden Dornen besetzt erscheinen. Solche Blätter aber zeigen neben sehr zahlreichen Korbblütlern aus den Gattungen Carduus, Cirsium, Chamaepeuce, Onopordon, Carlina, Echinops, Kentrophyllum, Carduncellus insbesondere auch mehrere Doldenpflanzen (z. B. Eryngium amethystinum, Echinophora spinosa, Cachrys spinosa), einige Nachtschattengewächse (z. B. Solanum argenteum, pyracanthos,



Stachelrasen und dornige Tragantsträucher auf der Hochsteppe bei Persepolis in Persien. Vgl. Text, S. 404.

rigescens), mehrere Cykadeen (Zamia, Encephalartus) und in besonders stattlicher Entwickelung mehrere Acanthus, von welchen eine Art, nämlich der im mittelländischen Florengebiete verbreitete Acanthus spinosissimus, auf S. 407 abgebildet ist. Nirgends in der



Distelgruppe (Cirsium nemorale). Vgl. Text, S. 404.

ganzen Welt ist das Distelblatt so zahlreich und in so mannigfacher Abwechselung der Formen vertreten wie in der mittelländischen Flora, und in dieser sind wieder Spanien und Griechenland, Kreta und Algerien als besonders reichlich mit Disteln bedachte Gebiete hervorzuheben. Oft erscheinen Distelblätter drei-, vier-, fünffach geteilt und in zahlreiche Abschnitte, Zipfel und Lappen gespalten. Wenn dann die Enden aller einzelnen Teile in starre Spitzen umgewandelt sind, so bleibt von dem grünen Gewebe des Blattes nicht mehr viel übrig; man sieht nur noch ein schmales, kleines grünes Mittelfeld, von welchem gelbe und weiße Dornen nach allen Seiten als lange und kurze Spieße wegstarren.

Die stachligen Gebilde, welche nicht als metamorphosierte Endigungen der Blattrippen anzusehen sind, sondern aus der Haut der grünen Blätter ihren Ursprung nehmen, sind

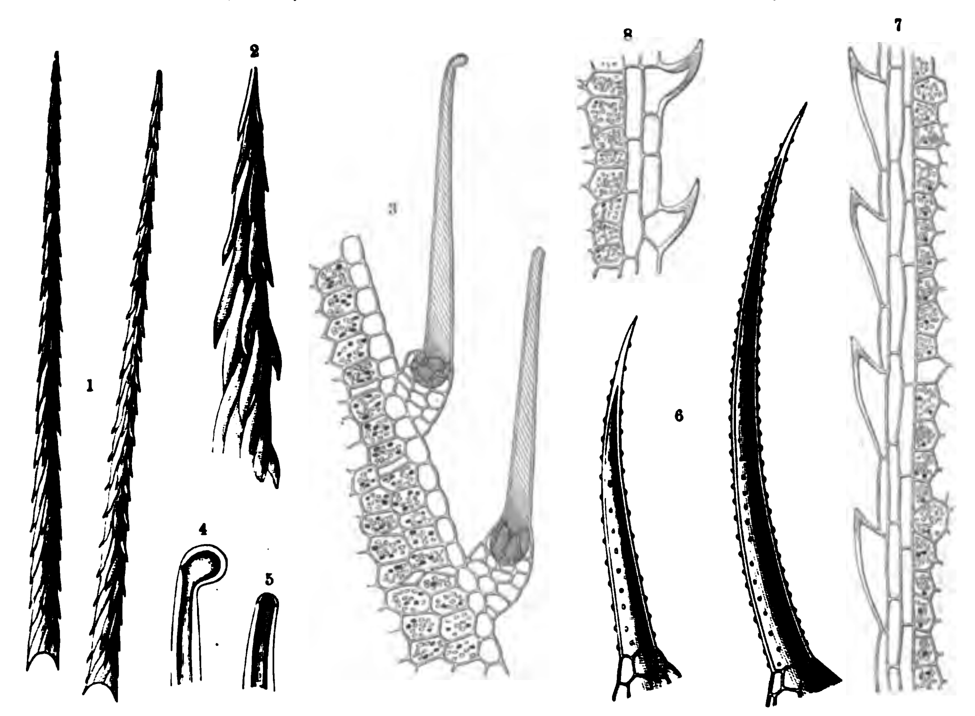
bald mehrzellig, bald einzellig; erstere werden vom Standpunkte der botanischen Kunstsprache als Stacheln (aculei), letztere als Borsten (setae) bezeichnet. Eine scharfe Grenze zu ziehen, ist aber auch hier unmöglich, sowenig als es gelingt, die mehrzelligen Stacheln mit Sicherheit von jenen Dornen zu unterscheiden, welche zwar dem Ende eines Gefäßbündels entsprechen, aber fast nur aus festen, dickwandigen Zellen bestehen, die dem Ende des Gefäßbündels auf- und angelagert sind. Als besonders hervorhebenswert wären aus dieser Reihe von Waffen zu nennen zunächst die Widerhäkchen. Dieselben werden



Acanthus spinosissimus. Vgl. Text, S. 406.

aus schiefen kegelförmigen Zellen gebildet, welche über den Rand des von ihnen bekleideten Blattes vorragen und dort mit einer verkieselten, sehr festen, meistens etwas gekrümmten Spitze endigen (s. Abbildung, S. 408, Fig. 7, 8). Die Blätter, deren Rand ganz dicht mit diesen Zellen besetzt sind, machen unter dem Mikroskope den Eindruck einer Säge, was insofern bemerkenswert ist, als derlei Blätter unter Umständen auch wirklich als Sägen wirken können, scharf und schneidig sind und dem entsprechend in der botanischen Kunstsprache auch den Namen scharfe Blätter (folia scabra) erhalten haben. Berührt man die mit Widerhäkchen ausgerüsteten Blätter nur ganz leicht von jener Seite her, gegen welche die Spitzen hinstarren, so schneiden sie allerdings nicht sofort in die berührende Hand ein, aber sie krümmen sich auch nicht, sondern bilden einen festen Widerpart, und bei zunehmendem

Drucke der Hand wird das Blatt, dessen Rand sie besäumen, gebogen. Da auch dieses gut ausgesteift ist, erfährt die drückende Hand einen Widerstand, welchen man an dem scheinbar so zarten Blatte gar nicht erwarten möchte. Wenn man eine Fläche, auf welche abgerissene Stücke solcher Blätter gelegt wurden, schüttelt, so bewegen sich die Blattstücke immer nur nach jener Richtung, welche entgegengesetzt ist derjenigen, der die Spitzen der Widerhäkchen zugewendet sind. Eine Bewegung nach der andern Seite ist unmöglich, weil sich eben die Spitzen der Widerhäkchen dagegenstemmen. Gelangen solche Blattstücke in das Maul der Wiederkäuer, so können sie dort leicht nach einer Seite und in einer Weise vorrücken, wie es der Absicht



Waffen der Pflanzen: 1. Angelborsten von Opuntia Rafinesquii; 25mal vergrößert. — 2. Oberstes Stück einer solchen Angelborste; 180mal vergrößert. — 3. Durchschnitt durch ein mit Brennborsten besetztes Blattstück der großen Nessel (Urtica dioica); 85mal vergrößert. — 4. Köpfchenförmiges Ende einer solchen Brennborste; 150mal vergrößert. — 5. Das köpfchenförmige Ende abgebrochen; 150mal vergrößert. — 6. Stechborsten von dem Natterkopf Echium Italicum; 40mal vergrößert. — 7. Mit Widerhäkchen besetzter Rand eines scharfen Blattes von dem Riedgrase Carex stricta; 200mal vergrößert. — 8. Mit Widerhäkchen besetzter Rand eines scharfen Blattes von dem Grase Festuca arundinacea; 180mal vergrößert.
Vgl. Text, S. 407—410.

des weidenden Tieres nicht entspricht und auch durchaus nicht willkommen ist. Bei kräftigem Hinstreifen über den Rand eines solchen scharfen Blattes wird eine blutende Schnittwunde veranlaßt, indem die verkieselten Spitzen am Rande ganz wie die Zähne einer sehr feinen Säge wirken. Solche Schnittwunden in die Haut werden nicht nur dann, wenn man von der Spitze des Blattes gegen die Basis mit der Hand hinstreicht, sondern auch, wenn die umgekehrte Richtung eingeschlagen wird, veranlaßt. Daß weidende Tiere solche scharfe Blätter scheuen und das unbeabsichtigte Vorrücken derselben in der Mundhöhle ebenso wie die leicht möglichen Verletzungen vermeiden, ist begreiflich. Man sieht auch, daß sie die Riedgräser (z. B. Carex stricta und C. acuta) sowie jene Gräser, welche besonders scharfrandige Blätter besitzen, nur selten und nur bei großem Hunger als Nahrung annehmen.

Noch weit bösartiger als die Widerhäkchen der scharfen Blätter sind die Angelborsten (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1, 2), welche allerdings an den Pflanzen nur selten und fast

nur an den Zweigen der später noch zu behandelnden Opuntien vorkommen, aber am zweckmäßigsten gleich hier besprochen werden. Sie finden sich immer in der Umgebung der Knospen, welche sich über dem grünen Gewebe der Opuntien oder Feigenkaktusse als feinborstige Warzen erheben. Wenn man eine solche Stelle noch so leise berührt, so werden doch in der Haut der zurückgezogenen Hand sicherlich kleine, steife Börstchen stecken bleiben, die auch sogleich ein sehr unangenehmes juckendes Gefühl hervorbringen. Will man diese feinen, braunen Börstchen wegstreifen, so macht man die Sache nur noch schlechter; denn sie bringen dann noch viel tiefer in die Haut ein und können dort, wie jeder fremde Körper, heftige Schmerzen, Rötung der Haut und rotlaufartige Anschwellungen veranlassen. Besieht man eins dieser Börstchen unter dem Mikroskope, so wird sofort klar, wie dies alles vor sich geht. Jede Borste wird aus zahlreichen starren, in Schraubenlinien geordneten, spindelförmigen Zellen zusammengesetzt; mit dem vordern Ende ist jede dieser Zellen zwischen die andern eingekeilt, das sehr feste nach rückwärts sehende spitze Ende ist aber frei, und so gewinnt das ganze Gebilde das Ansehen einer Angel oder einer aus Widerhäkchen zusammengesetzten Borste. Einmal mit der Spitze in die Haut eingedrungen, wird sie dort durch die widerhakigen Zellen festgehalten. Nach der einen Richtung kann sie durch den geringsten Druck leicht vorwärts gebracht werden; versucht man aber eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung zu veranlassen, so stemmen sich die freien Enden der Zellen an, und es ist unvermeidlich, daß bei gewaltsamem Herausziehen eines solchen Börstchens die Haut in einem weit größern Umfange Schaden leidet, als man bei der Kleinheit dieser Gebilde erwarten möchte.

Eine dritte Form von Waffen, welche aus Zellen der Haut ihren Ursprung nehmen, sind steife Haare oder Borsten mit fester, verkieselter Zellhaut und scharfer Spitze, die, wenn auch nur einzellig, doch gleich Nadelspitzen stechen und verwunden und Stechborsten genannt werden. Sie erheben sich gewöhnlich dicht gedrängt in großer Zahl von der Oberfläche der grünen Blätter und wenden ihre Spitze jener Seite zu, von welcher ein Angriff zu erwarten steht. Im Vergleiche zu den Widerhäkchen sind sie riesig zu nennen, denn selbst die kleinsten sind noch vielmal länger als diese, und die größten machen ganz den Eindruck von Stecknadeln, welche mit ihren Köpfchen in die Blattfläche eingesenkt sind. Dieser Vergleich ist um so zutreffender, als die Stechborsten an ihrer Basis von sehr regelmäßig geordneten Zellen umwallt werden, die sich über die andern Oberhautzellen als ein polsterförmiges Knötchen oder manchmal auch als ein kurzer weißer Zapfen erheben. Die Borste selbst, welche diesem Piedestal aufsitzt, wird nur aus einer einzigen Zelle gebildet, die, vollständig ausgewachsen, ihren Plasmainhalt verliert und luftgefüllt ist. Die Wand dieser verlängerten Zelle ist durch Einlagerung von Kieselsäure gehärtet und meistens durch kleine Knötchen ungleichmäßig verdickt (s. Abbildung, S. 408, Fig. 6). Obschon sich Stechborsten in zahlreichen Abteilungen des Pflanzenreiches entwickelt zeigen, so ist doch eine derselben ganz besonders mit ihnen gewappnet. Es ist das die Familie der Asperifolieen oder Rauhblättler, die ja mit Rücksicht auf ihr eigentümliches Rüstzeug auch den Namen erhalten hat. Insbesondere die Arten der Gattung Natterkopf (Echium), von welcher die in Abbildung, S. 408, dargestellten Stechborsten entnommen sind, weiterhin die Gattungen Lotwurz (Onosma), Beinwell (Symphytum), Borretsch (Borago) bieten für die geschilderte Ausrüstung Beispiele in Hülle und Fülle.

Ein sehr eigentümlicher Schutz gegen die Angriffe größerer pflanzenfressender Tiere wird an dem Laube der Nesseln, Loasaceen, Hydroleaceen und Euphorbiaceen durch die Ausbildung von Brennhaaren oder Brennborsten hergestellt. Diese Brennborsten sind ähnlich wie die Stechborsten der Asperifolien aus einzelnen großen Zellen gebildet, die nach unten kolbenförmig erweitert, nach oben lang ausgezogen sind. Das äußerste freie Ende ist nur bei der zu den Hydroleaceen gehörigen Wigandia urens fein zugespitzt, bei den Arten der Gattung

Jatropha, bei den Loasaceen und den Nesseln ist das äußerste Ende köpfchenförmig angeschwollen und das Köpfchen seitwärts gebogen. An der knieförmigen Beugungsstelle ist die Zellhaut der Brennborste (s. Abbildung, S. 408, Fig. 3, 4, 5) ungemein dünn, so daß die leiseste Berührung genügt, um ein Abbrechen des Köpfchens zu veranlassen. Dadurch, daß das Abbrechen des Köpfchens in schräger Linie erfolgt, wird eine sehr scharfe Spitze geschaffen, und die durch das Abbrechen gebildete Öffnung ist nicht querüber, sondern schräg-seitlich gestellt, so daß das abgebrochene Ende dem Giftzahne einer Schlange oder der Einstichkanüle, welche von den Ärzten zu subkutanen Injektionen benutzt wird, sehr ähnlich sieht. Das Abbrechen wird, abgesehen von der außerordentlichen Dünnheit der Zellhaut unter dem Köpfchen, auch durch die Sprödigkeit der Borste bedingt, und diese hat ihren Grund in der Verkieselung, zum Teile in der Verkalkung und bei Jatropha auch in der Verholzung der Zellhaut. Doch beschränkt sich diese Veränderung der Zellhaut nur auf den obern Teil der Borste. In der kolbenförmigen Anschwellung der Brennborste an der Basis ist die Zellhaut weder verkieselt noch verkalkt, sondern besteht aus unverändertem Zellstoffe, gibt auch einem Drucke von außen nach, so daß durch einen solchen Druck das Ausfließen des Zellinhaltes befördert wird. Auch ist dadurch eine Turgeszenz der Brennborste möglich, welcher nach dem Abbrechen des Köpfchens bei dem Ausfließen oder Ausspritzen des Zellinhaltes aus der verkieselten oder verkalkten, röhrenförmigen Spitze gewiß eine wichtige Rolle zukommt. Ist durch einen Druck von obenher das spröde Ende der Borste gesplittert und das Köpfchen abgebrochen, so bringt die an der Bruchstelle gebildete Spitze in den drückenden Körper, vorausgesetzt, daß dieser weich ist, wie z. B. die Haut des Menschen und der Tiere, ein, und der Inhalt wird in die gebildete Wunde ergossen. Im flüssigen Inhalte der Brennborste findet sich neben Ameisensäure eine Substanz, welche sich den ungeformten Fermenten oder Enzymen anschließt, und diese letztere ist es, welche die heftige Entzündung in der Umgebung der durch den Stich gebildeten Wunde veranlaßt. Das sofort nach dem Stiche entstehende schmerzhafte Gefühl, welches der Volksmund wegen seiner Ähnlichkeit mit jenem, das eine Verbrennung erzeugt, als Brennen bezeichnet, wird wohl schon durch die Ameisensäure hervorgerufen; aber eine Reihe von andern Erscheinungen, welche man nach dem Stiche beobachtet, kann nur auf Rechnung dieses als Gift wirkenden Enzymes gebracht werden. Wenn knapp nebeneinander zahlreiche Brennborsten in die Haut eingedrungen sind, so entstehen Rötungen im weiten Umfange, rotlaufähnliche Anschwellungen und die heftigsten Schmerzen. Schon die in Europa einheimischen Nesseln, namentlich Urtica dioica und urens, bringen unangenehmes Jucken und Brennen hervor, durch die javanische Urtica stimulans, ebenso durch die in Indien heimische Urtica crenulata und die auf Timor vorkommende Urtica mentissima können sogar die heftigsten Zufälle, Starrkrämpfe 2c., ähnlich wie durch Schlangenbiß, veranlaßt werden. Überhaupt ist eine Analogie zwischen den Brennborsten und den hohlen Giftzähnen der Schlangen nicht zu verkennen.

Der Gewebekörper, in welchem die Brennborste eingesenkt ist, besteht aus chlorophyllhaltigen Zellen, ist elastisch, biegsam, und wenn man von der Seite her auf eine Brennborste drückt, so legt sich dieselbe der Blattfläche an, ohne daß die Spitze in die Haut des drückenden Fingers eindringt, dort eine Wunde bildet und diese vergiftet. Läßt der Druck nach, so hebt sich die Borste infolge der Elastizität ihres knötchenförmigen Widerlagers wieder in die Höhe und richtet ihre brüchige Spitze nach auswärts. Hierauf beruht das Kunststück, daß man über die Nesseln mit der Hand hinstreifen kann, ohne sich dabei zu brennen. Faßt man nämlich mit einer Hand den untersten, unbewehrten Teil einer beblätterten, großen Nessel, deren Laub mit unzähligen abstehenden Brennborsten besetzt ist, und fährt nun mit der andern Hand von unten nach oben über das Laub hin, so werden die dadurch berührten Borsten an die Blattflächen angedrückt, ohne zu verwunden. Berührt man dagegen

dieselbe Nessel von obenher, so brechen sofort die Köpfchen der Borsten ab, die röhrchenförmigen Spitzen bringen in die berührende Haut und ergießen ihre giftige Flüssigkeit. Weidende Tiere weichen den mit Brennborsten versehenen Pflanzen sorgfältig aus und lassen sich ihre Nüstern oder ihre Mundschleimhaut durch die ätzende Flüssigkeit nicht vergiften. Gegen größere Tiere, welche beim Abweiden von Pflanzen nicht nur die Blätter, sondern auch die krautigen Stengel vertilgen und bei öfterer Wiederholung ihrer weitgehenden Angriffe die Pflanzenstöcke zum Absterben bringen würden, ist daher die Nessel gut geschützt. Von den Raupen der Vanessa Urticae wird ihr Laub freilich trotz der Brennhaare abgefressen, aber diese Schädigung beschränkt sich nur auf einen Teil der Blätter; aus den unberührten Stengeln und Knospen können sich immer noch neue, beblätterte Sprosse entwickeln, und die Nesselstaude geht infolge dieses Angriffes der Raupen wenigstens nicht zu Grunde.

Es ist hier der geeignetste Platz, auch noch einer Form der Pflanzenhaare zu gedenken, deren Zellen zwar keine starren, verkieselten Wandungen besitzen, und die daher auch nicht stechen und verletzen, welche aber doch verhindern, daß die von ihnen bekleideten Pflanzen durch weidende Tiere Schaden leiden, und die insofern auch als Schutzmittel des grünen Gewebes angesehen werden müssen. Diese Haarbildungen wurden schon bei früherer Gelegenheit besprochen, als es sich darum handelte, den Schutz, welcher den Blättern gegen eine zu weit gehende Transpiration gewährt wird, klarzustellen. Dort (S. 298) wurde unter den Deckhaaren als einer besonders auffallenden Form auch derjenigen gedacht, welche den filzigen Überzug so vieler Arten der Gattung Königskerze (Verbascum) bilden. Diese strahlenförmig verästelten, an kleine Tannenbäumchen erinnernden Haare lösen sich von der Oberhaut der Blätter, aus der sie hervorgegangen sind, sehr leicht ab, und es genügt ein geringer Druck der darüberstreichenden Hand, um zahlreiche Flocken dieses Haarfilzes abzuheben. Obschon nun die Zellen, aus welchen sich die Haare des Blattfilzes aufbauen, nicht starr und stechend sind und sich nicht in die Haut einbohren, so bleiben sie doch infolge ihres eigentümlichen Baues sehr leicht an den kleinsten Unebenheiten der berührenden Körper hängen. Wenn weidende Tiere ihre Mundschleimhaut mit den Blättern der Königskerze in Berührung bringen, so wird diese Schleimhaut sofort mit Flocken aus abgestoßenen Filzhaaren bedeckt, die sich in die Falten der Mundhöhle einnisten und dort gewiß ein nichts weniger als angenehmes Gefühl hervorbringen werden. Auf diesem eigentümlichen Verhalten der Filzhaare der Königskerze zur Schleimhaut beruht ja auch die Vorsicht, welche wir Menschenkinder bei der Zubereitung des Himmelbrandthees in Anwendung bringen. Von der Königskerze, welche auch den Volksnamen Himmelbrand führt, werden nämlich die Blüten seit uralter Zeit zur Bereitung eines Thees gebraucht. Wenn man nun die Blüten, die an der Rückseite gerade so wie die Laubblätter mit einem feinen Haarfilze überzogen sind, mit heißem Wasser übergießt, so lösen sich Teile des Haarfilzes ab und erhalten sich schwimmend in dem gebildeten Aufgusse. Versäumt man, den Aufguß durch ein Stück Leinen zu seihen und auf diese Weise die schwimmenden Härchen zu entfernen, so kann es leicht geschehen, daß sich beim Trinken der Flüssigkeit einige Haargruppen an die Schleimhaut der Mundhöhle anlegen, was dann ein unausstehliches Kratzen und Jucken hervorbringt. Dieses unangenehme Gefühl, das sich bei Tieren, welche Königskerzenblätter in den Mund bringen, gewiß noch viel mehr geltend macht als bei uns, wenn wir ungeseihten Himmelbrandthee trinken, hält die Tiere ohne Zweifel ab, das Laub der in Rede stehenden Gewächse abzufressen.

Von den zuletzt aufgezählten Schutzmitteln des grünen Gewebes sind mehrere, namentlich die Angelborsten, die Brennborsten und der ablösbare Haarfilz, auch insofern sehr merkwürdig, als deren unangenehme Eigenschaften den angreifenden Tieren nicht schon vor dem Angriffe bekannt sein können. Andre unheilbringende Stoffe in dem grünen Gewebe

können gewittert werden, und die Abneigung gegen die Riechstoffe, welche den Blättern der Farne, des Stechapfels, des Sumpfporstes, des gefleckten Schierlinges ꝛc. eigen sind, mag sich bei den Tieren vererben; die Stacheln, Dornen und Stechborsten, deren Spitzen über die grünen Gewebe vorragen und den Angreifern drohend entgegenstarren, sind leicht sichtbar, und selbst die dümmsten Tiere weichen solchen Schutzwehren immer aus. Es ist aber nicht denkbar, daß nahrungsuchende Tiere die winzigen Angelborsten der Opuntien sehen, und ebensowenig ist anzunehmen, daß die Tiere diese starren und geruchlosen Gebilde durch den Geruchssinn wahrnehmen. Es ist daher wahrscheinlich, daß die Tiere die mit ablösbarem Wollfilze, mit Angelborsten und Brennborsten ausgerüsteten Pflanzen erst dann verschonen, nachdem sie schon bei einem frühern Angriffe die unangenehme Bekanntschaft dieser Schutzmittel gemacht haben und durch den Schaden klug geworden sind. Daraus aber würde sich auch ergeben, daß bei den Tieren die Erblichkeit der Antipathie gegen ihnen nachteilige oder gefährliche Pflanzen nur eine beschränkte ist, beziehentlich, daß die auf Pflanzenkost angewiesenen Tiere einen Teil der ihnen nachteiligen Gewächse immer erst durch die Erfahrung kennen zu lernen in der Lage sind.

Die laublosen Gewächse mit spitzen, stechenden grünen Ästen und Flachsprossen, die Pflanzen mit nadelförmigem, scharf gesägtem und distelartigem Laube sowie jene, deren grüne Blätter und Stengel mit Widerhäkchen, Angelborsten, Stechborsten, Brennborsten und mit ablösbarem Haarfilze bekleidet sind, gehören mit Rücksicht auf ihr Rüstzeug jener Gruppe von Formen an, deren Schutzmittel unmittelbar aus dem Gewebe des zu schützenden Pflanzengliedes hervorgehen, wo sich also das grüne Gewebe sozusagen selbst gegen die Angriffe pflanzenfressender Tiere wehrt und schützt. Dieser einen Gruppe kann man, wie schon oben erwähnt, eine zweite gegenüberstellen, deren Waffen nicht an dem zu schützenden, sondern an einem benachbarten andern Pflanzengliede angebracht sind. In diese zweite Gruppe gehören zunächst jene Formen, deren völlig wehrlose grüne Laubblätter durch die in Dornen metamorphosierten verholzenden Seitentriebe vor den zu weit gehenden Angriffen der Tiere gesichert werden. Der Stengel und die Zweige dieser Pflanzen sind nicht ganz bis zu ihrer Spitze beblättert; die Enden sind vielmehr blattlos und sehen aus, als ob man von ihnen die Laubblätter abgerissen hätte. Wenn überhaupt Anlagen von Blättern auch an den Gipfeln der Zweige vorhanden waren, so sind diese verkümmert, klein, nur durch Schuppen und Schwielen angedeutet und alles eher, als eine begehrenswerte Nahrung. Dafür erscheint das Ende des holzigen Zweiges zugespitzt und läuft in einen starren, stechenden Dorn aus. An einem Busche, dessen nach allen Richtungen hin abstehende Zweige mit blattlosen Spitzen endigen, während dessen grüne Laubblätter hinter den Spitzen versammelt sind, ist ein auf Teilung der Arbeit beruhendes Verteidigungssystem in aller Form hergestellt. Die grünen Laubblätter können im Schutze der Dornen unbeirrt die ihnen zukommende Arbeit leisten, und wenn es auch ab und zu einmal vorkommt, daß ein nahrungsuchendes größeres Tier, mag es durch Naschhaftigkeit verleitet oder durch Hunger getrieben sein, zwischen den entgegenstarrenden Dornen das Maul sorgfältig einführt und einige grüne, hinter den Dornen stehende Laubblätter sich zu verschaffen weiß, so ist darum noch lange nicht die Existenz eines solchen Busches bedroht. Die Alhagi-Gebüsche der Steppe sowie mehrere Ginster- und Geißkleesträucher, namentlich Alhagi Kirgisorum, Genista horrida und Cytisus spinosus (s. Abbildung, S. 417, Fig. 5), zeigen die eben beschriebene Schutzvorrichtung in ausgezeichneter Weise. An vielen andern Sträuchern, wie dem Schlehdorne, Sanddorne, Kreuzdorne (Prunus spinosa, Hippophaë rhamnoides, Rhamnus saxatilis), ist wohl dieselbe Einrichtung getroffen, aber sie hat nur zu der Zeit, wenn die Laubblätter noch ganz jung sind, ihre volle Bedeutung. Nur solange die zarten, eben erst aus den Knospen

hervorgegangenen Laubblätter von den dornigen Zweigenden überragt werden, sind sie gegen das Abgefressenwerden gesichert; späterhin, wenn sie ausgewachsen sind, werden nur noch jene geschützt, welche die Basis der dornigen Zweige bekleiden. An den Langtrieben des Weißdornes entwickeln sich in den Achseln seiner untern Laubblätter knapp nebeneinander je ein langer Dorn und eine kleine Knospe, in den Achseln der obern Blätter nur eine Knospe allein. Im nächsten Jahre werden aus den hart neben den langen, glänzend braunen Dornen angelegten Knospen Kurztriebe, die auch häufig Blüten tragen; aus den Knospen an der obern Hälfte des Sprosses aber entsteht ein Langtrieb, welcher die eben geschilderte Entwickelung wiederholt. Die Dornen, welche an den amerikanischen Weißdornarten: Crataegus coccinea 4 cm, C. rotundifolia 6 cm und C. Crus galli 7—8 cm lang werden, nehmen sich dann wie Wächter aus, welche den sich entwickelnden Kurztrieb zu schützen haben. Da die meisten dieser Sträucher sparrig abstehende Äste entwickeln und sich daher ebensosehr in die Quere wie in die Höhe strecken, und da die Dornen sich viele Jahre hindurch erhalten, so werden durch sie auch die Blätter aller jener Triebe geschützt, welche in spätern Jahren hinter den alten Dornen gleichsam im Innern des Busches aus den Ästen seitlich hervorsprießen. An mehreren brasilischen Mimosen ragen die den Zweigen aufsitzenden Dornen zwar nicht über die ausgebreiteten Blätter vor. Sobald aber Tiere die Blätter berühren, werden diese herabgeschlagen, bergen sich hinter der Schutzwehr der Dornen, und die Tiere weichen vor den ihnen nun entgegenstarrenden scharfen Spitzen zurück.

Ein ganz eigentümliches Verhältnis zwischen grünen Blättern und Dornen beobachtet man an den meisten jener Halbsträucher, welche der alte Theophrastus unter dem Namen Phrygana zusammengefaßt hat, und die auch heute noch in derselben Weise bezeichnet werden können. An diesen Halbsträuchern, für welche die auf S. 417, Fig. 8, abgebildete Vella spinosa als Beispiel gewählt sein mag, entwickelt jeder aus den Winterknospen hervorwachsende Sproß an der untern Hälfte grüne Laubblätter und über diesen, häufig auch im Bereiche des Blütenstandes, grüne, mit feiner Spitze endigende, in Dornen metamorphosierte Seitenzweiglein. Diese Dornen, die man in manchen Fällen, wenn sie nämlich in der Blütenregion erscheinen, auch als umgewandelte Blütenstiele auffassen kann, sind im Anbeginne weich und saftreich, enthalten in ihrer Rinde grünes Gewebe und funktionieren zunächst ganz so wie die neben ihnen stehenden schmalen Laubblätter. Als Schutzmittel spielen sie wegen ihrer Weichheit im ersten Jahre keine Rolle. Im Herbste fallen die grünen Laubblätter von den Sprossen ab, die Enden der in Dornen auslaufenden Zweige sind zwar auch abgestorben und abgedorrt, aber sie bleiben zurück und fallen nicht ab. Im Laufe des Sommers fest und starr geworden, verletzen sie jetzt jeden, der sie unsanft anfaßt, und schützen natürlich auch die hinter ihren abgedorrten Enden im nächsten Jahre aus den Seitenknospen hervorwachsenden Triebe, welche wieder genau die eben geschilderte Entwickelung durchmachen. So entstehen mit der Zeit struppige Büsche, von deren Peripherie eine Menge abgedorrter, dorniger Äste wegstarren, und die vielfach den Eindruck machen, als wären ihre Zweigenden im Winter erfroren und verdorrt, und als würde der ganze Stock im Absterben begriffen sein. Dieses Phrygana-Gestrüppe ist nicht eben eine Zierde desjenigen Geländes, auf welchem es massenhaft auftritt, es bildet aber eine höchst charakteristische Formation in gewissen Florengebieten. Besonders reich an solchem Phrygana-Gestrüppe ist das mittelländische Florengebiet, und zwar sind dort Arten der verschiedensten Familien in dieser Form ausgebildet. Um nur einige Beispiele zu bringen, seien von Schottengewächsen Vella spinosa und Koniga spinosa, von Rosifloren Poterium spinosum, von Schmetterlingsblütlern Genista Hispanica und Onobrychis cornuta, von Korbblütlern Sonchus cervicornis, von Wolfsmilchgewächsen Euphorbia spinosa, von Salzkräutern Noëa spinosissima und von Lippenblütlern Teucrium subspinosum und Stachys

können gewittert werden, und die Abneigung gegen die Riechstoffe, welche den Blättern der Farne, des Stechapfels, des Sumpfporstes, des gefleckten Schierlinges ꝛc. eigen sind, mag sich bei den Tieren vererben; die Stacheln, Dornen und Stechborsten, deren Spitzen über die grünen Gewebe vorragen und den Angreifern drohend entgegenstarren, sind leicht sichtbar, und selbst die dümmsten Tiere weichen solchen Schutzwehren immer aus. Es ist aber nicht denkbar, daß nahrungsuchende Tiere die winzigen Angelborsten der Opuntien sehen, und ebensowenig ist anzunehmen, daß die Tiere diese starren und geruchlosen Gebilde durch den Geruchssinn wahrnehmen. Es ist daher wahrscheinlich, daß die Tiere die mit ablösbarem Wollfilze, mit Angelborsten und Brennborsten ausgerüsteten Pflanzen erst dann verschonen, nachdem sie schon bei einem frühern Angriffe die unangenehme Bekanntschaft dieser Schutzmittel gemacht haben und durch den Schaden klug geworden sind. Daraus aber würde sich auch ergeben, daß bei den Tieren die Erblichkeit der Antipathie gegen ihnen nachteilige oder gefährliche Pflanzen nur eine beschränkte ist, beziehentlich, daß die auf Pflanzenkost angewiesenen Tiere einen Teil der ihnen nachteiligen Gewächse immer erst durch die Erfahrung kennen zu lernen in der Lage sind.

Die laublosen Gewächse mit spitzen, stechenden grünen Ästen und Flachsprossen, die Pflanzen mit nadelförmigem, scharf gesägtem und distelartigem Laube sowie jene, deren grüne Blätter und Stengel mit Widerhäkchen, Angelborsten, Stechborsten, Brennborsten und mit ablösbarem Haarfilze bekleidet sind, gehören mit Rücksicht auf ihr Rüstzeug jener Gruppe von Formen an, deren Schutzmittel unmittelbar aus dem Gewebe des zu schützenden Pflanzengliedes hervorgehen, wo sich also das grüne Gewebe sozusagen selbst gegen die Angriffe pflanzenfressender Tiere wehrt und schützt. Dieser einen Gruppe kann man, wie schon oben erwähnt, eine zweite gegenüberstellen, deren Waffen nicht an dem zu schützenden, sondern an einem benachbarten andern Pflanzengliede angebracht sind. In diese zweite Gruppe gehören zunächst jene Formen, deren völlig wehrlose grüne Laubblätter durch die in Dornen metamorphosierten verholzenden Seitentriebe vor den zu weit gehenden Angriffen der Tiere gesichert werden. Der Stengel und die Zweige dieser Pflanzen sind nicht ganz bis zu ihrer Spitze beblättert; die Enden sind vielmehr blattlos und sehen aus, als ob man von ihnen die Laubblätter abgerissen hätte. Wenn überhaupt Anlagen von Blättern auch an den Gipfeln der Zweige vorhanden waren, so sind diese verkümmert, klein, nur durch Schuppen und Schwielen angedeutet und alles eher, als eine begehrenswerte Nahrung. Dafür erscheint das Ende des holzigen Zweiges zugespitzt und läuft in einen starren, stechenden Dorn aus. An einem Busche, dessen nach allen Richtungen hin abstehende Zweige mit blattlosen Spitzen endigen, während dessen grüne Laubblätter hinter den Spitzen versammelt sind, ist ein auf Teilung der Arbeit beruhendes Verteidigungssystem in aller Form hergestellt. Die grünen Laubblätter können im Schutze der Dornen unbeirrt die ihnen zukommende Arbeit leisten, und wenn es auch ab und zu einmal vorkommt, daß ein nahrungsuchendes größeres Tier, mag es durch Naschhaftigkeit verleitet oder durch Hunger getrieben sein, zwischen den entgegenstarrenden Dornen das Maul sorgfältig einführt und einige grüne, hinter den Dornen stehende Laubblätter sich zu verschaffen weiß, so ist darum noch lange nicht die Existenz eines solchen Busches bedroht. Die Alhagi-Gebüsche der Steppe sowie mehrere Ginster- und Geißkleesträucher, namentlich Alhagi Kirgisorum, Genista horrida und Cytisus spinosus (s. Abbildung, S. 417, Fig. 5), zeigen die eben beschriebene Schutzvorrichtung in ausgezeichneter Weise. An vielen andern Sträuchern, wie dem Schlehdorne, Sanddorne, Kreuzdorne (Prunus spinosa, Hippophaë rhamnoides, Rhamnus saxatilis), ist wohl dieselbe Einrichtung getroffen, aber sie hat nur zu der Zeit, wenn die Laubblätter noch ganz jung sind, ihre volle Bedeutung. Nur solange die zarten, eben erst aus den Knospen

hervorgegangenen Laubblätter von den dornigen Zweigenden überragt werden, sind sie gegen das Abgefressenwerden gesichert; späterhin, wenn sie ausgewachsen sind, werden nur noch jene geschützt, welche die Basis der dornigen Zweige bekleiden. An den Langtrieben des Weißdornes entwickeln sich in den Achseln seiner untern Laubblätter knapp nebeneinander je ein langer Dorn und eine kleine Knospe, in den Achseln der obern Blätter nur eine Knospe allein. Im nächsten Jahre werden aus den hart neben den langen, glänzend braunen Dornen angelegten Knospen Kurztriebe, die auch häufig Blüten tragen; aus den Knospen an der obern Hälfte des Sprosses aber entsteht ein Langtrieb, welcher die eben geschilderte Entwickelung wiederholt. Die Dornen, welche an den amerikanischen Weißdornarten: Crataegus coccinea 4 cm, C. rotundifolia 6 cm und C. Crus galli 7—8 cm lang werden, nehmen sich dann wie Wächter aus, welche den sich entwickelnden Kurztrieb zu schützen haben. Da die meisten dieser Sträucher sparrig abstehende Äste entwickeln und sich daher ebensosehr in die Quere wie in die Höhe strecken, und da die Dornen sich viele Jahre hindurch erhalten, so werden durch sie auch die Blätter aller jener Triebe geschützt, welche in spätern Jahren hinter den alten Dornen gleichsam im Innern des Busches aus den Ästen seitlich hervorsprießen. An mehreren brasilischen Mimosen ragen die den Zweigen aufsitzenden Dornen zwar nicht über die ausgebreiteten Blätter vor. Sobald aber Tiere die Blätter berühren, werden diese herabgeschlagen, bergen sich hinter der Schutzwehr der Dornen, und die Tiere weichen vor den ihnen nun entgegenstarrenden scharfen Spitzen zurück.

Ein ganz eigentümliches Verhältnis zwischen grünen Blättern und Dornen beobachtet man an den meisten jener Halbsträucher, welche der alte Theophrastus unter dem Namen Phrygana zusammengefaßt hat, und die auch heute noch in derselben Weise bezeichnet werden können. An diesen Halbsträuchern, für welche die auf S. 417, Fig. 8, abgebildete Vella spinosa als Beispiel gewählt sein mag, entwickelt jeder aus den Winterknospen hervorwachsende Sproß an der untern Hälfte grüne Laubblätter und über diesen, häufig auch im Bereiche des Blütenstandes, grüne, mit feiner Spitze endigende, in Dornen metamorphosierte Seitenzweiglein. Diese Dornen, die man in manchen Fällen, wenn sie nämlich in der Blütenregion erscheinen, auch als umgewandelte Blütenstiele auffassen kann, sind im Anbeginne weich und saftreich, enthalten in ihrer Rinde grünes Gewebe und funktionieren zunächst ganz so wie die neben ihnen stehenden schmalen Laubblätter. Als Schutzmittel spielen sie wegen ihrer Weichheit im ersten Jahre keine Rolle. Im Herbste fallen die grünen Laubblätter von den Sprossen ab, die Enden der in Dornen auslaufenden Zweige sind zwar auch abgestorben und abgedorrt, aber sie bleiben zurück und fallen nicht ab. Im Laufe des Sommers fest und starr geworden, verletzen sie jetzt jeden, der sie unsanft anfaßt, und schützen natürlich auch die hinter ihren abgedorrten Enden im nächsten Jahre aus den Seitenknospen hervorwachsenden Triebe, welche wieder genau die eben geschilderte Entwickelung durchmachen. So entstehen mit der Zeit struppige Büsche, von deren Peripherie eine Menge abgedorrter, dorniger Äste wegstarren, und die vielfach den Eindruck machen, als wären ihre Zweigenden im Winter erfroren und verdorrt, und als würde der ganze Stock im Absterben begriffen sein. Dieses Phrygana-Gestrüppe ist nicht eben eine Zierde desjenigen Geländes, auf welchem es massenhaft auftritt, es bildet aber eine höchst charakteristische Formation in gewissen Florengebieten. Besonders reich an solchem Phrygana-Gestrüppe ist das mittelländische Florengebiet, und zwar sind dort Arten der verschiedensten Familien in dieser Form ausgebildet. Um nur einige Beispiele zu bringen, seien von Schottengewächsen Vella spinosa und Koniga spinosa, von Rosifloren Poterium spinosum, von Schmetterlingsblütlern Genista Hispanica und Onobrychis cornuta, von Korbblütlern Sonchus cervicornis, von Wolfsmilchgewächsen Euphorbia spinosa, von Salzkräutern Noëa spinosissima und von Lippenblütlern Teucrium subspinosum und Stachys

spinosa hervorgehoben. Auch die Hochsteppen des südwestlichen Asien weisen die Phrygan Form auf und zwar meist als einzelne stechende und dornstarrende, niedere Büsche, gesellig m Stachelrasen und niedern Tragantsträuchern, bei welchen der Schutz des grünen Laub auf andre Weise hergestellt ist. In nördlicher gelegenen Landstrichen, welche der Somme dürre nicht ausgesetzt sind, und wo die weidenden Tiere auch im Sommer genügend grün Futter finden, fehlt diese Pflanzenform nahezu ganz, nur in den Heiden und Nadelwälde des mittlern und westlichen Europa ist sie durch einige Ginsterarten (Genista Germanic und Genista Anglica) vertreten.

Gerade in diesem Gebiete erhalten aber gewisse Sträucher und junge Bäumchen, welch der oben geschilderten Dornenbildung entbehren, durch die weidenden Tiere selbst eine Ge stalt, welche lebhaft an die Phrygana-Form erinnert. Das kommt folgendermaßen. Wen den weidenden Ziegen, Schafen und Rindern junge Bäumchen der Buche, Eiche, Lärch oder die Büsche von Heidekraut (Calluna vulgaris) zugänglich sind, so beißen sie von den selben aus Naschhaftigkeit, oder unter Umständen auch von Hunger getrieben, die Enden de frischen Triebe mitsamt den daran haftenden Blättern ab. Das zurückgebliebene Stück des verstümmelten Triebes vertrocknet infolgedessen in der Nähe der Wundstelle, der da hinterliegende Teil bleibt aber erhalten, und es entwickeln sich an demselben die Knospen verhältnismäßig sogar viel kräftiger, als es wohl sonst ohne Verstümmelung der Fall gewesen wäre. Den Trieben, welche im nächstfolgenden Jahre aus diesen Knospen hervorgehen, kann aber der gleiche Unfall passieren, sie können neuerdings durch das Maul der weidenden Tiere verkürzt werden, und wenn sich das alljährlich wiederholt, so gleichen die verstümmelten Buchen und Lärchen endlich jenen Bäumchen der altfranzösischen Gärten, welche, von der Schere des Gärtners fortwährend zugeschnitten, die Form von Pyramiden und Obelisken erhalten haben. Das Gezweige solcher verstümmelter Bäumchen wird so dicht, und die trocknen, festen Zweigenden an der Peripherie der Krone sind so nahe gestellt, daß selbst die genäschigen Ziegen abgehalten werden, diese Rüstung zu durchbrechen, und es unterlassen, sich die grünen Triebe hinter den trocknen Stummeln hervorzuholen. So hat schließlich die an und für sich ungeschützte Pflanze eine Schutzwehr erhalten, welche sie gegen weitere Angriffe weidender Tiere vollständig zu sichern im stande ist. Manche dieser verstümmelten und zerbissenen Bäumchen wachsen allerdings niemals mehr zu kräftigen, hochstämmigen Exemplaren aus, aber für einige Arten ist die geschilderte harte Behandlung, welche sie in der Jugend durchmachen, nicht von dauerndem Nachteile. Das gilt namentlich von den Lärchenbäumen in den Alpenthälern. Im harten Kampfe mit den Ziegen gestalten sich die Bäumchen allmählich zu einem dicht verzweigten Gestrüppe, an welchem nicht einmal ein Gipfel besonders unterschieden werden kann, da auch die mittelsten Triebe, solange sie von den Ziegen mit dem Maule erreicht werden können, nicht verschont bleiben. Endlich erreicht aber, wenn auch erst nach einer Reihe von Jahren, die struppige Lärche einen Umfang und eine Höhe, daß die Ziegen die Gipfeltriebe nicht mehr erreichen können. Und siehe da, aus der Mitte des vielverzweigten Gestrüppes erhebt sich ein kräftiger Trieb, entwickelt einen Wirtel von Seitenzweigen, verlängert sich von Jahr zu Jahr und wird, von den weidenden Tieren nicht weiter behelligt, zu einem schönen, hochstämmigen Lärchenbaume. Noch lange Zeit sieht man von den untersten Teilen des Baumes die infolge der Verstümmelung vielzweigig gewordenen ältesten Seitenäste, welche dem aufwachsenden Mittelstamme zu Schutz und Wehr dienten, abstehen; allmählich aber verdorren sie, fallen zerbröckelt zu Boden, und die letzte Erinnerung an die harte Jugendzeit ist abgestreift.

In ganz eigentümlicher Weise ist die auf Teilung der Arbeit beruhende Schutzeinrichtung des grünen Gewebes bei den Nopalgewächsen durchgeführt. Das Bild, welches

die
che,
rinnen
der
nügend
Rade
a Gern

machen,
elbst
assen.
Fiche,
sie
ie
ebene
lle,
die
der
den
so
en
Bor
läu
er

OPUNTIEN AUF DEM PLATEAU VON ANAHUAC (Mexiko)

wir uns gewöhnlich von einer Pflanze machen, zeigt einen grauen oder braunen, starren Stengel, der saftige, grüne Blätter trägt. Bei den Nopalen, als deren wichtigste Repräsentanten wir schon bei früherer Gelegenheit die Kakteen der Neuen Welt und die säulentragenden Euphorbien des südlichen Asien und Afrika kennen gelernt haben, ist aber alles verkehrt. Da ist der Stengel saftig und grün, und die Blätter, die er trägt, sind in starre, graue oder braune Dornen umgewandelt. Die Nahrung wird zu dem grünen, transpirierenden Gewebe in der Rinde des Stengels geleitet und hier, und nicht in den Blättern, wird neue organische Substanz erzeugt. Die in Dornen verwandelten Blätter haben dagegen Wache zu halten, daß das grüne, saftige Gewebe in der Rinde der säulenförmigen oder kuchenartigen Stämme nicht mehr, als zuträglich ist, angetastet werde. Am fremdartigsten berührt uns diese verkehrte Welt an den Opuntien und zwar darum, weil an diesen Gewächsen die Stengelstücke die Gestalt von dicken, elliptischen, grünen Blättern haben, demzufolge sie von den Nichtbotanikern auch gewöhnlich für Blätter gehalten werden. Die Dornen oder, um wissenschaftlich zu sprechen, die in Dornen metamorphosierten Blätter erreichen bei diesen Opuntien, von welchen die beigeheftete Tafel „Opuntien auf dem Plateau von Anahuac (Mexiko)" ein treffliches Bild gibt, mitunter eine außerordentliche Länge. An Opuntia Tuna, decumana und megacantha sind sie 3—5, an Opuntia longispina sogar 8 cm lang. Daß die Knospen der Opuntien überdies noch mit sehr kleinen Angelborsten besetzt sind, wurde schon früher erwähnt, und es sind demnach diese Gewächse mit einer doppelten Wehr gegen etwaige Angriffe ausgerüstet: mit den weithin sichtbaren großen Dornen und diesen abscheulichen unscheinbaren, kleinen Angelborsten. Die Verschiedenheit der Waffen ist bei den Nopalgewächsen überhaupt eine ungemein große; wollte man alle die verschiedenen Gestalten von langen und kurzen, dicken und dünnen, knotigen und glatten, geraden und gekrümmten, einfachen und verästelten, geweihartigen und sternförmigen, geradspitzigen und widerhakigen, an der Spitze umgebogenen und welligen Dornen und Borsten nebeneinander legen, so würde sich eine ganz artige Waffensammlung herausstellen. Eine und dieselbe Art trägt oft drei- oder viererlei Waffen; auch sind diese sehr abwechselungsreich geordnet und verteilt, und es ist in dieser Beziehung eine Mannigfaltigkeit entwickelt, welche auf jeden, der für solchen Formenwechsel einen angebornen Sinn hat, fascinierend wirkt und es begreiflich macht, daß manche Blumenliebhaber ihr ganzes Leben dem Studium und der Kultur dieser wunderlichen Gebilde der Pflanzenwelt gewidmet haben. Wenn es auch nicht möglich ist, in jedem einzelnen Falle die Beziehung zwischen der Art der Bewaffnung und dem abzuwehrenden Angriffe anzugeben, so zeigt doch selbst der flüchtigste Blick, daß sich die Spitzen der Dornen, mögen diese wie immer geformt und gruppiert sein, immer vor denjenigen Teil des Stammes stellen, der mit grünem Gewebe am besten ausgestattet ist. Bei den säulenförmigen Euphorbien, wie z. B. bei Euphorbia coerulescens, sind die Stämme mit seichten Längsrinnen versehen, die mit grünem Gewebe ausgekleidet sind; auf den Kanten, welche sich zwischen den Rinnen erheben, sind paarweise Dornen angeordnet, welche spreizend auseinander fahren, sich mit ihren Spitzen vor die Rinnen stellen und so jeden Angriff auf das grüne Gewebe abwehren. An den säulenförmigen Cereus verhält es sich ganz ähnlich, desgleichen an den kugelförmigen Echinocactus und Melocactus.

Wenn man diese säulenförmigen, kuchenförmigen und kugeligen Nopale ansieht, taucht die Frage auf, ob es denn notwendig ist, daß sie sich mit gar so komplizierten Dornenhüllen umgeben. Nach den gewöhnlichen Vorstellungen von der Nahrungsaufnahme der auf Pflanzenkost angewiesenen Tiere möchte man doch glauben, daß diese grünen Klumpen, Säulen und Kugeln auch ohne dieses abschreckende Rüstzeug eine nichts weniger als gesuchte Nahrung bilden. Wenn man dieselben aber an ihren ursprünglichen Standorten sieht,

wird es begreiflich, daß sie alle Ursache haben, sich zu schützen und ihrer Haut zu wehren. Wenn auf den steinigen und sandigen Flächen und Gehängen, welche die Heimatstätte der Nopale bilden, alle andern Gewächse längst verdorrt sind und weit und breit kein grünes Blatt mehr zu sehen ist, wenn alle Wasserquellen versiegten und monatelang kein Tropfen Regen den Boden genetzt hat, — die Nopale bleiben noch immer saftig und grün, und mit Hilfe ihres zentralen Wassergewebes vermögen sie selbst die größte Trockenheit und Dürre, die auf dem Erdenrund beobachtet wird, zu überdauern. In solchen Perioden der Dürre erscheint aber für die hungernden und durstenden Tiere jede Kaktuskugel als ein Labsal, ja manchmal als die einzige Rettung vor dem Tode. Trotz der furchtbaren Dornen, von welchen die Melokaktusarten starren, werden dieselben in den Ebenen Südamerikas zur Zeit der größten Dürre von den verwilderten Eseln aufgesucht und durch Hufschläge womöglich entwurzelt, um dem saftreichen Gewebe von der unbewehrten untern Seite aus beizukommen, oder aber die genannten Tiere suchen die Kakteen mit den Hufen zu spalten und auf diese Weise das Innere aufzuschließen, wobei es freilich manchmal vorkommt, daß die Angreifer sich an den Dornen verletzen und gefährliche Wunden davontragen.

Nächst den Nopalen zeigen unstreitig die niedern, halbstrauchigen Tragantsträucher (Astragaleen) aus der Gruppe Tragacanthacei, welche in einer unerschöpflichen Mannigfaltigkeit der Arten durch das südliche Europa, ganz vorzüglich aber im Orient auf felsigen Gebirgen und Hochsteppen ihre Heimat haben, die seltsamsten Dornenbildungen. Wir greifen aus der großen Zahl derselben eine Art, nämlich Astragalus Tragacantha, heraus und suchen an dieser die merkwürdige Schutzwehr der grünen Laubblätter durch Wort und Bild zu erläutern (s. Fig. 1, S. 417). Betrachtet man diese Pflanze sehr zeitig im Frühlinge, so sieht man an dem freien Ende eines jeden Zweiges einen Kranz aus zahlreichen grauen, dürren, langen Dornen, welche ihre Spitzen nach oben und auswärts richten. In der Mitte des Dornenkranzes liegt eine Knospe, welche den Gipfel und Abschluß des betrachteten Zweiges bildet. Die Frühlingswärme bringt diese Knospe zur Entwickelung, die dicht zusammengedrängten, gefiederten Laubblättchen lösen, strecken und entfalten sich; aber es vergehen Wochen, und noch immer sind die Blättchen von dem struppigen Dornenkranze umgeben, man sieht sie nur hinter den langen Dornen wie hinter den grauen Gitterstäben eines Käfiges grün hervorschimmern. Wenn sie völlig ausgewachsen sind, und wenn sich auch das von ihnen geschmückte Ende des Zweiges etwas gestreckt hat, ragen endlich die obersten Teilblättchen über die Spitzen der Dornen hervor; aber siehe da, das Endblättchen, welches an der Spindel des gefiederten Blattes gesessen hatte, ist schon abgefallen, mit ihm häufig auch schon ein paar der tiefer stehenden Blättchen (s. Fig. 2, S. 417), und was jetzt über die alten langen Dornen vorragt, ist selbst wieder zu einem Dorne geworden. Dort, wo früher das Endblättchen stand, hat sich die Blattspindel verhärtet und in eine stechende Spitze umgewandelt. Nun kommt der Herbst, die Zeit des Blattfalles. Die meisten sommergrünen Sträucher werfen jetzt die Blätter, mit welchen sie den Sommer über gearbeitet haben, ab und zwar in der Weise, daß sich dort, wo das Blatt dem Stengel aufsitzt, die früher besprochene Trennungsschicht (s. S. 333) ausbildet. Bei den hier geschilderten Tragantsträuchern findet das aber nicht statt, sondern es wird nur ein Teil der langen, grauen Dornen, mit denen die heurigen Blätter umkränzt waren, abgeworfen. Von den heurigen Blättern lösen sich nur die Fiederchen ab, die kräftigen Mittelrippen oder Spindeln, deren Enden sich schon im Laufe des Sommers in eine stechende Spitze umgewandelt hatten, bleiben fest mit dem Stengel verbunden, vertrocknen und bilden jetzt einen neuen starren Dornenkranz, der dem abgeworfenen gleicht wie ein Ei dem andern. Die abgedorrten und zu Dornen gewordenen Reste der Blätter des einen Jahres werden demnach zu einem Schutzapparate für die sich

entwickelnden grünen Laubblätter des folgenden Jahres. Daß dieser Kranz aus abstehenden, steifen, stechenden Spitzen die hinter ihm versteckten grünen Blättchen gegen die Angriffe weidender Tiere zu schützen im stande ist, zeigt die Beobachtung in der freien Natur. Man sieht, wie die weidenden Tiere vor den dornstarrenden Gestrüppen dieser Art Halt machen und schon nach den ersten Versuchen weitere Angriffe unterlassen, obschon gerade



Waffen der Pflanzen: 1. Zweige des Tragantstrauches Astragalus Tragacantha im Frühlinge. — 2. Ein einzelnes Blatt dieses Tragantes, von welchem die drei obersten Teilblättchen abgefallen sind. — 3. Blattspindel, von welcher sämtliche Teilblättchen abgefallen sind. — 4. Stück eines Schößlinges der Robinia Pseudacacia im Frühlinge. — 5. Der dornige Geißklee (Cytisus spinosus). — 6., 7. Zweigstücke des Sauerdornes (Berberis vulgaris) im Frühlinge. — 8. Vella spinosa; das Ende des vorjährigen Sprosses abgedorrt, die heurigen Sprosse blütentragend. Vgl. Text, S. 412, 413, 416, 418.

das Laub des genannten Tragantes gleich jenem aller andern Schmetterlingsblütler eine sehr erwünschte Nahrung sein würde.

Wenig abweichend von der Entwickelung der Dornen an dem geschilderten Tragantstrauche ist jene, welche die persischen Arten Astragalus chrysostachys, floccosus und glaucanthus, die in den südrussischen Steppen heimische Calophaca wolgarica, das iberische Halimodendron argenteum und einige sibirische Karaganen, namentlich Caragana spinosa, tragacanthoides und jubata, zeigen. Die Laubblätter stehen hier nicht so dicht

zusammengedrängt, sondern sind, ähnlich wie etwa bei den Robinien, an den verlängerten holzigen Zweigen verteilt. Auch ist an Stelle des Endblättchens an dem zusammengesetzten gefiederten Blatte schon von Anfang her ein kleiner, sehr spitzer Dorn ausgebildet und braucht sich daher ein solcher nicht erst nachträglich dort zu entwickeln. Im übrigen aber spielen sich dieselben Vorgänge ab. Im Herbste fallen die Fiederblättchen von der in eine Spitze auslaufenden Spindel ab, und diese bleibt als ein langer, stechender Dorn am Zweige stehen. Aus der Knospe, welche sich dicht über der Verbindungsstelle des dürren Dornes mit dem Stengel ausgebildet hat, entsteht im nächsten Frühlinge ein neuer beblätterter Sproß, und dieser ist für die Zeit, als er von dem Dorne überragt wird, gegen alle Angriffe gesichert.

Wieder etwas anders verhält es sich an den Zweigen der Sauerdorne (Berberis). Betrachtet man im Sommer einen im kräftigsten Wachstume befindlichen Sproß, so erscheint dieser mit zweierlei Blättern besetzt. Zunächst Blätter, die nichts weniger als die Gestalt von Laub besitzen, sondern so wie jene der Nopale ganz und gar in Dornen umgewandelt sind. Dieselben sind an der Basis des Sprosses in fünf bis sieben, weiter aufwärts in drei nadelförmige Spitzen ausgezogen, wie es Abbildung, S. 417, Fig. 6, 7, zur Anschauung bringt. Gleichzeitig mit diesen in Dornen metamorphosierten Blättern und dicht über ihnen entstehen Kurztriebe, welche mit gewöhnlichen grünen Laubblättern besetzt sind. Diese Kurztriebe schließen mit Knospen ab, welche erst im nächsten Frühjahre sich entwickeln und dann entweder Blüten oder einen Langtrieb ausbilden. Die Laubblätter der Kurztriebe unterhalb dieser Knospen fallen im Herbste ab, die dreizinkigen Dornen an der Basis der Kurztriebe, beziehentlich der überwinternden Knospen bleiben zurück und starren mit ihren drei Nadeln nach drei Richtungen vom Sprosse weg. Wenn nun im nächsten Frühlinge die Knospe am Ende des Kurztriebes anschwillt und junge, zarte Laubblätter aus ihr hervorbrechen, so sind diese während der Zeit, als sie noch von den Spitzen des dreizinkigen Dornes überragt werden, gegen das Abgeweidetwerden trefflich geschützt.

An der im Volksmunde unter dem Namen Akazie bekannten Robinia Pseudacacia, aber außerdem noch an zahlreichen andern Robinien sowie auch an mehreren sibirischen Karaganen, namentlich an Caragana microphylla und pygmaea, sind es nicht ganze Blätter, welche zu Stacheln werden, wie bei Berberis, ebensowenig Blattspindeln, wie bei den Tragantsträuchern, sondern die Nebenblätter. Dort, wo das Laubblatt von dem Stengel ausgeht, stehen rechts und links bei allen Schmetterlingsblütlern Gebilde, welche man mit Rücksicht auf ihre Lage als Nebenblätter (stipulae) bezeichnet. Diese sind nun bei den Robinien und genannten Sträuchern nicht blattartig, sondern als dreieckige, in eine scharfe Spitze vorgezogene, braune Dornen ausgebildet. Wenn im Herbste das Laubblatt sich ablöst und abfällt, so bleiben doch diese beiden in Dornen metamorphosierten Nebenblätter zurück und verharren den Winter über und selbst noch im folgenden Sommer an ihrer Stelle. In der Nische der beiden unter einem Winkel von 120° auseinander weichenden Nebenblattdornen steckt eine Knospe, und diese kommt im nächsten Frühlinge zur Entfaltung. Auch hier wiederholt sich wieder derselbe Schutz, wie er früher bei den Sauerdorn-Sträuchern angegeben wurde. Solange die jungen, zarten Laubblätter in dieser Nische zwischen den zwei dornigen Nebenblättern stecken (s. Abbildung, S. 417, Fig. 4), werden sie von jedem Tiere auf das sorgfältigste gemieden, und erst dann, wenn sie den alten, dornigen Nebenblättern über die Spitzen gewachsen sind, hat es auch mit dem Schutze ein Ende.

Die Mehrzahl der zuletzt beschriebenen Schutzvorrichtungen sichert das grüne Laub nur im jugendlichen Zustande. Gerade zu dieser Zeit ist aber auch der Schutz am nötigsten. Wenn später einzelne Laubblätter, welche über die Spitzen der Stacheln hinauswuchsen, abgeweidet werden, so liegt nicht so viel daran, ein Teil des Laubes bleibt doch gewiß erhalten, und nur darauf kommt es eigentlich an.

Aus der Thatsache, daß sowohl bei den Tragantsträuchern als auch bei vielen Karaganen und überhaupt bei zahlreichen zuletzt besprochenen Gewächsen der Schutz der neuen, jungen grünen Blätter durch Teile der abgestorbenen alten Blätter, durch abgedorrte Gebilde aus dem Vorjahre hergestellt wird, geht zweierlei hervor: erstens, daß ein und dasselbe Pflanzenglied im Laufe eines Jahres seine Funktion wechseln kann, und zweitens, daß oft auch tote, abgestorbene Teile noch eine wichtige Rolle im Leben der Pflanze zu spielen berufen sind. An Blüten und Früchten wird dergleichen vielfach beobachtet. Dort kommt es z. B. nicht selten vor, daß Blumenblätter, welche anfänglich die Insekten anzulocken und den Blütenstaub gegen Nässe zu schützen hatten, später in verdorrtem Zustande zur Verbreitung der Früchte und Samen sich nützlich machen; an Laubblättern dagegen ist ein solcher Wechsel der Funktion verhältnismäßig seltener und wird fast nur an Pflanzen der Steppen und der mittelländischen Flora beobachtet.

Daß die Schutzeinrichtungen, deren das grüne Gewebe gegen eine zu weit gehende Vernichtung durch Tiere bedarf, auch auf das gesellige Wachstum sowie auf das Zusammenleben und die Verbreitung von Pflanzen und Tieren einen Einfluß üben, läßt sich im vorhinein erwarten und wird durch zahlreiche Beobachtungen bestätigt. Versetzen wir uns auf ein Gelände, auf dem hunderterlei Gewächse nebeneinander emporsprießen. Die Sträucher, Stauden und Kräuter, wie sie bunt durcheinander wachsen, enthalten die verschiedensten Stoffe; einige strotzen von Milchsaft, andre sind so herb wie Galle, wieder andre schmecken abscheulich sauer, oder sie bergen in ihren Säften Alkaloide, deren Genuß manchen Tieren den Tod zu bringen im stande ist. Hier ist eine Pflanze mit Brennhaaren bewehrt, dort starren aus einem Busche unzählige Dornen hervor, und wieder an andern Stellen erheben Disteln ihre dornigen Blätter. Das eine hält Schnecken vom Abfressen des Laubes zurück, das andre Raupen oder Heuschrecken, das dritte Ziegen, das vierte Pferde ꝛc. Gesetzt den Fall, das Gelände, welches diese reiche Vegetation trägt, sei gegen alles, was da kreucht und fleucht, zeitweilig ganz abgesperrt gewesen. Nun aber komme auf einmal ein großer Schwarm oder eine größere Herde einer Tierspezies angerückt, gegen deren Angriff ein Teil der Pflanzenarten möglichst vollkommen, ein zweiter Teil nur teilweise und ein dritter Teil gar nicht geschützt ist. Was wird die Folge sein? Die letztern werden ganz oder teilweise abgeweidet, die erstern werden unberührt zurückbleiben. Wenn sich das öfters wiederholt, so werden schließlich die einen vom Schauplatze verschwinden, die andern dagegen sich in überwältigender Menge auf dem ins Auge gefaßten Gelände entwickeln. In dieser Weise erklärt sich aber ungezwungen die eigentümliche Zusammensetzung der Vegetation an Stellen, wo sich weidende Tiere regelmäßig einstellen.

Jeden, der die Alpen besucht, fällt es auf, daß in der Umgebung der Sennhütten eine Pflanzenwelt dem düngerreichen Boden entsprießt, welche ungemein üppig ist und sehr begehrenswert scheint, nichtsdestoweniger aber von den weidenden Tieren unangetastet stehen gelassen wird. Den Tieren wird das Abfressen des üppigen Staudenwerkes nicht etwa von den Hirten verwehrt. Es braucht das auch nicht, denn sie verabscheuen ohnedies diese Pflanzen. Das Gestäude besteht nämlich durchgehends aus Arten, welche giftig sind oder die Tiere anwidern oder sie bei Berührung verletzen, aus Eisenhut, Hausmelde, Nessel und Kratzdistel (Aconitum Napellus, Chenopodium Bonus Henricus, Urtica dioica, Cirsium spinosissimum), die sich hier zusammengefunden haben und um so kräftiger entwickeln, als die andern ursprünglich dort noch vorkommenden Arten, welche nicht giftig und unbewehrt waren, durch die weidenden Tiere längst vertilgt worden sind. Im Grunde der dem Weidegange ausgesetzten Voralpenwälder sieht man häufig nur die den Tieren widerlichen Moose und Farne, die bittere Gentiana asclepiadea und die von stinkendem Milchsafte strotzende und von allen Wiederkäuern verschmähte Aposeris foetida den Boden bekleiden. Auf einigen

Almböden in den Zentralalpen herrscht wieder der Farn Allosurus crispus und mit ihm das Borstengras (Nardus stricta) so vor, daß dort fast keine andern Pflanzenarten zu sehen sind. Wieder an andern Stellen ist der Boden mit dem von den weidenden Rindern verschmähten Adlerfarne (Pteris aquilina) und von stechendem Wacholdergestrüppe überwuchert; auf dem von Schafen beweideten Karstboden bei Triest fällt die starre, stachelblätterige und stahlblaue Mannstreu (Eryngium amethystinum) durch ihr massenhaftes Vorkommen auf; auf den ungarischen Pußten erkennt man die Plätze, wo sich weidendes Vieh aufhält, sofort an dem häufigen Auftreten des Xanthium spinosum und Eryngium campestre, an hohen Disteln und Wollkräutern, an Stechapfel und Bilsenkraut und an mehreren Wolfsmilcharten, welche von den Tieren nur in der größten Not und auch dann nur teilweise abgefressen werden, und so ließe sich noch an hundert Beispielen nachweisen, daß an den dem Weidegange größerer Tiere ausgesetzten Strecken immer diejenigen Gewächse die Oberhand gewinnen, welche von den betreffenden Tieren ihrer giftigen und anwidernden Stoffe oder der abwehrenden Dornen und Stacheln wegen nicht angegriffen werden.

Wenn wir der Phantasie einigen Spielraum gönnen wollen, so könnten wir uns auch in längst vergangene Zeiten zurückversetzen und uns ausmalen, wie dieselbe Auslese, welche sich heutzutage im kleinen auf dem beschränkten Boden einer Almweide oder einer Pußta vollzieht, einstens in großartigem Maßstabe in weiten Länderstrecken stattfand, und wie sich infolge dieser Auslese in dem einen Gebiete mehr, in dem andern weniger Gewächse mit Schutzwehren des grünen Gewebes erhalten haben, je nachdem eben die Angriffe von seiten der auf Pflanzenkost angewiesenen Tiere mehr oder weniger lebhaft, zahlreich und ausgiebig waren. Auffallend ist jedenfalls, daß im Bereiche der alpinen Flora, wo es in dem kurzen Sommer selbst für große Herden an reichlicher Nahrung nicht gebricht, dornige, stachlige und giftige Gewächse sehr spärlich sind, während in allen jenen Florengebieten, wo im heißen Sommer ein guter Teil der Gewächse eingezogen hat oder verdorrt ist, und wo dann an frischer Pflanzennahrung großer Mangel herrscht, die wenigen Arten, welche sich grün erhalten, mit den ausgiebigsten Schutzmitteln ihres grünen Gewebes versehen sind. Mexiko, die Pampas und Llanos von Südamerika, die Steppengebiete der Alten Welt und das Reich der mittelländischen Flora sind hierfür lehrreiche Beispiele.

Eine mit den hier erörterten Verhältnissen zusammenhängende Erscheinung, die schließlich noch erwähnt zu werden verdient, ist das regelmäßige Vorkommen unbewehrter Pflanzen im Schutze von solchen, welche mit ausgiebigen Schutzmitteln versehen sind. So sieht man gewisse wilde Wicken, Platterbsen und Dolden (Arten von Vicia, Lathyrus, Anthriscus, Myrrhis, Aegopodium, Chaerophyllum ꝛc.), welche für weidende Säugetiere sehr gutes Futter abgeben würden, regelmäßig in den stachligen Hecken längs der Straßen, im Schutze der Zäune, welche die Kulturstätten umfrieden, und unter dem dornigen Gestrüppe, welches als schmaler Saum den Rand des Hochwaldes umgürtet. Die Sträucher hüten mit ihren Dornen nicht nur ihr eignes grünes Laubwerk, sondern auch jenes der zarten Wicken und Dolden, die sich in ihren Schutz begeben haben. In Gegenden, wo die ursprüngliche Zusammensetzung und Gruppierung der Vegetation nahezu ganz verloren gegangen ist, wird ein solches Zusammenleben gewisser Pflanzen so regelmäßig wiederkehrend beobachtet, daß man versucht sein könnte, an eine Ernährungsgenossenschaft zu denken. Eine solche liegt aber in diesem Falle gewiß nicht vor; denn der Vorteil ist nur auf einer Seite, nämlich nur auf seiten des Schützlinges, während der mit Dornen gegen den Ansturm der Tiere gewappnete Busch, unter dessen Zweigwerke die unbewehrten Pflanzen aufgewachsen sind, von diesen keinen Dank, keinen Nutzen und keine Gegengabe bezieht und auch den Schutz gewiß nicht absichtlich gewährt.

V. Wandlung und Wanderung der Stoffe.

1. Die organischen Verbindungen in der Pflanze.

Inhalt: Die Kohlenstoffverbindungen. — Stoffwandlung in der lebenden Pflanze.

Die Kohlenstoffverbindungen.

Daß die in der Pflanzenwelt beobachtete Abwechselung in den Farbentönen sowie die Mannigfaltigkeit im Geschmacke und Geruche auf einer Verschiedenheit der in den einzelnen Arten erzeugten Stoffe beruht, läßt sich schon mit Rücksicht auf analoge Verhältnisse in der unorganischen Welt erwarten. Durch die Untersuchungen der Chemiker wurden auch zahlreiche für bestimmte Arten charakteristische Stoffe festgestellt, und in den Bezeichnungen, welche man für diese gewählt, wie beispielsweise in den Ausdrücken Oxalsäure, Benzoesäure, Angelikasäure, Salicin, Amygdalin, Asparagin, Coniin, Nikotin, Strychnin, Atropin, Kokain &c., klingen die Namen allbekannter Gewächse an. Irrtümlich wäre es aber, zu glauben, daß mit den bisher bekannt gewordenen auf unsre Geschmacks-, Geruchs- und Gesichtsnerven in so verschiedener Weise einwirkenden Zuckern, Säuren, Salzen, Alkaloiden, Fetten, Äthern und Farbstoffen die Reihe der dem Pflanzenreiche angehörenden Stoffe schon erschöpft sei. Was in dieser Richtung genau bekannt wurde, ist wahrscheinlich nur ein Bruchteil des wirklich Vorhandenen. Vorläufig können wir uns nicht einmal auf eine annähernde Schätzung aller in den Pflanzen ausgebildeten Stoffe einlassen; nur so viel läßt sich mit Bestimmtheit behaupten, daß die Zahl der Stoffe, welche in den Pflanzen vorkommen, bei weitem größer ist als jene in den unorganischen oder mineralischen Körpern. Es ist das um so merkwürdiger, als der Elemente, aus welchen sich die unorganischen Verbindungen aufbauen, verhältnismäßig so viele, der Elemente, welche als Bausteine für die organischen Verbindungen in den Pflanzen dienen, so wenige sind. Erklärt wird diese Thatsache dadurch, daß als *Mittelpunkt aller organischen Verbindungen in den Pflanzen der Kohlenstoff erscheint, ein Element, dessen chemische Natur die Angliederung andrer Elemente in einer geradezu unerschöpflichen Mannigfaltigkeit zuläßt.*

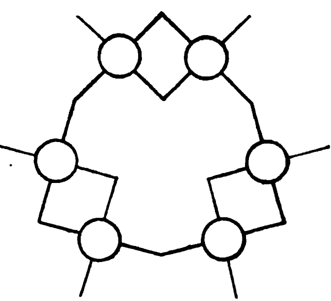
Mit Rücksicht auf die nachfolgenden Erörterungen ist es am Platze, von dieser wichtigen Eigenschaft des Kohlenstoffes zunächst ein anschauliches Bild zu entwerfen. Die Chemiker nennen den Kohlenstoff ein *vierwertiges Element*, womit gesagt sein soll, daß jedes Kohlenstoffatom mit vier Atomen eines andern Elementes eine Verbindung eingehen, eine mechanisch nicht teilbare Gruppe, ein Molekül, bilden kann. Man darf sich vorstellen, daß jedes Atom eines vierwertigen Elementes vier Anziehungs-, beziehentlich

Verbindungspunkte besitzt, an welche die Atome der andern Elemente sich anlagern, und wo sie festgehalten werden. Es wurden diese Punkte Verbindungseinheiten genannt; sie heißen gesättigt, wenn sich denselben andre Atome angelagert und verbunden haben, frei, wenn das nicht der Fall ist. Wenn sich z. B. mit einem in der nebenstehenden Figur graphisch dargestellten Kohlenstoffatome, welches vier Verbindungseinheiten besitzt, vier Wasserstoffatome vereinigen, so werden dadurch vier Verbindungseinheiten gesättigt, und es entsteht ein Molekül jener Verbindung, die unter dem Namen Sumpfgas bekannt ist. Abgesehen von der Vierwertigkeit zeigt der Kohlenstoff auch noch die bemerkenswerte Eigenschaft, daß seine Atome sich auch miteinander verbinden können und zwar in einem viel höhern Grade als die Atome aller andern Elemente. Nicht die Atome andrer Elemente, sondern Atome des Kohlenstoffes selbst sättigen in solchem Falle einzelne freie Verbindungseinheiten, und es entstehen auf diese Weise Gruppen von Kohlenstoffatomen, deren jede sich wie ein chemisches Ganze verhält. Gesetzt den Fall, es habe sich eine der vier Verbindungseinheiten eines Kohlenstoffatomes mit einer der vier Verbindungseinheiten eines zweiten Kohlenstoffatomes verbunden, so ist dadurch eine Atomgruppe entstanden, wie sie die nebenstehende schematische Figur zur Anschauung bringt. Dort, wo sich die beiden Kohlenstoffatome verbunden haben, sind ihre Verbindungseinheiten gesättigt, es bleiben aber von jedem Kohlenstoffatome noch drei Verbindungseinheiten zu sättigen, und im ganzen können sich demnach noch sechs Atome eines andern Elementes anlegen. Das Paar von Kohlenstoffatomen ist jetzt sechswertig aufzufassen, und wenn sich sechs Wasserstoffatome anlegen, so entsteht jene Verbindung, welche man Äthan genannt hat. Vereinigen sich drei Kohlenstoffatome und zwar in der Weise, daß immer auf eine Verbindungseinheit des einen eine Verbindungseinheit des benachbarten Atomes kommt, wie es nebenstehend graphisch dargestellt ist, so werden dadurch vier Verbindungseinheiten gesättigt, acht bleiben noch frei und können mit den Atomen andrer Elemente, beispielsweise wieder mit Wasserstoff, gesättigt werden. Dadurch würde eine Verbindung entstehen, welche drei Kohlenstoff- und acht Wasserstoffatome enthält, und die man Propan geheißen hat. In ähnlicher Weise vermögen auch vier, fünf ꝛc. Kohlenstoffatome in Verbindung zu treten, in welchem Falle dann die übrigbleibenden freien zehn, zwölf ꝛc. Verbindungseinheiten mit den Atomen andrer Elemente gesättigt werden können. Angenommen, es finde die Sättigung der frei bleibenden Verbindungseinheiten immer durch Wasserstoff statt, so erhält man eine Reihe von Kohlenwasserstoffen, deren Glieder sich nur durch den Mehrgehalt von jedesmal einem Kohlenstoff- und zwei Wasserstoffatomen unterscheiden, von welchen aber jedes als ein chemisches Ganze, als ein chemisches Individuum, als ein besonderer Stoff mit besondern, den andern nicht zukommenden Eigenschaften zu gelten hat.

Parallel mit dieser Reihe von Kohlenwasserstoffen laufen dann noch zwei Nebenreihen. Die Glieder der einen enthalten um zwei, die Glieder der andern um vier Atome Wasserstoff weniger als die entsprechenden Glieder der Hauptreihe, und es müssen sich dort die Kohlenstoffatome, von welchen die Wasserstoffatome weggenommen wurden, mit den frei gewordenen Verbindungseinheiten vereinigt haben.

Nicht immer ist die Annahme gestattet, daß mehrere Kohlenstoffatome nur nach einer Richtung in geradlinigen Reihen gruppiert, und daß die Nachbarn nur mittels einer ihrer vier Verbindungseinheiten gegenseitig verbunden sind, wie das die obigen graphischen Darstellungen zeigen, sondern für manche Fälle ist man zu der Vorstellung gedrängt, daß

die Kohlenstoffatome nach mehreren Richtungen des Raumes verteilt und netzförmig verbunden oder auch in der Form eines Sechseckes gruppiert sind, etwa so wie es die untenstehende Figur anschaulich zu machen versucht. Hier ist jedes der sechs Kohlenstoffatome mit dem einen Nachbar durch je eine, mit dem andern durch je zwei Verbindungseinheiten vereinigt, und es bleiben nur noch sechs Verbindungseinheiten frei. Werden diese durch Wasserstoffatome gesättigt, so hat man ein Molekül jener wichtigen Verbindung, welche Benzol genannt wurde.



In allen bisher speziell erwähnten Fällen erscheinen die freien Verbindungseinheiten der Kohlenstoffatome durch Wasserstoffatome gesättigt, und diese Verbindungen sind in der That alle in der Natur realisiert aufgefunden worden. Es ist eben eine für die Chemie der Pflanzenstoffe äußerst wichtige Eigenschaft des Kohlenstoffes, daß alle freien Verbindungseinheiten seiner Atomgruppen, mögen diese auch noch so vielgliederig sein, durch Wasserstoff gesättigt werden können. Während andre Elemente nur eine sehr beschränkte Zahl von Wasserstoffverbindungen bilden, gibt es daher eine geradezu unbeschränkte Menge von Kohlenwasserstoffen. Aber nicht genug an dem; diese Kohlenwasserstoffe bilden auch noch die Ausgangspunkte für unzählige andre Verbindungen, was dadurch ermöglicht ist, daß in jedem Gliede der Kohlenwasserstoffreihen ein Atom oder auch mehrere Atome des Wasserstoffes durch Atome andrer Elemente ersetzt werden. Zahlreiche in den Pflanzen vorkommende Stoffe sind Kohlenwasserstoffe, in welchen ein Teil des Wasserstoffes durch Sauerstoff vertreten ist; in andern ist Wasserstoff teilweise durch Stickstoff ersetzt, oder aber es wird Wasserstoff durch sogenannte zusammengesetzte Radikale (Atomgruppen, welche in Verbindungen die Rolle eines Elementes spielen), wie z. B. durch Cyan, Hydroxyl ꝛc., substituiert. Ist schon die Zahl der Verbindungen, in welchen sich der Kohlenstoff nur mit Wasserstoff vereinigt hat, eine große, so wird durch diese von ihnen abgeleiteten Verbindungen, in welchen Wasserstoff teilweise durch andre Elemente vertreten ist, und die man Derivate der Kohlenwasserstoffe nennt, die Menge zu einer kaum mehr übersehbaren.

Zu der unendlichen Mannigfaltigkeit der prozentischen Zusammensetzung, welche sowohl die Kohlenwasserstoffe als auch deren Derivate zeigen, kommt schließlich auch noch die erstaunliche Verschiedenheit, welche eine und dieselbe Kohlenstoffverbindung im äußern Ansehen, in Form, Farbe, Härte und Durchsichtigkeit, in Geschmack und Geruch aufweisen kann. Es wiederholt sich hier dieselbe Erscheinung, welche man an dem reinen, mit keinem andern Elemente verbundenen Kohlenstoffe beobachtet. Bekanntlich erscheint der Kohlenstoff entweder amorph als Kohle, oder kristallisiert als Diamant, oder kristallisiert als Graphit, in letzterm Falle in Kristallen, welche einem ganz andern Systeme als die Diamantkristalle angehören und die auch andre Farbe, andre Härte und andres spezifisches Gewicht besitzen. Es läßt sich nicht leicht ein größerer Gegensatz in den physikalischen Eigenschaften denken, als diese drei Gebilde aufweisen, und dennoch steht es außer Frage, daß sie chemisch ein und dasselbe sind. Ganz ähnlich verhält es sich aber auch mit mehreren Verbindungen des Kohlenstoffes. Dextrin, Gummi, Stärke, Zellstoff zeigen beispielsweise dieselbe prozentische Zusammensetzung; jedes Molekül enthält sechs Atome Kohlenstoff, zehn Atome Wasserstoff und fünf Atome Sauerstoff. Und dennoch, wie verschieden präsentieren sich unsern Sinnen diese Körper, wie abweichend ist ihr Verhalten zu Wärme und Licht, zu den verschiedenen Lösungsmitteln und zu andern chemischen Verbindungen! Man erklärt diese merkwürdige Erscheinung aus der Gruppierung der Atome

und stellt sich vor, daß die verschiedene Lagerung der ein Molekül bildenden Atome auch in der ganzen Masse des betreffenden Stoffes zum Ausdrucke komme. Wenn sechs schwarze, zehn blaue und fünf rote Kugeln innerhalb eines Rahmens zusammengedrängt vorliegen, so kann man sie in der verschiedensten Weise zu hübschen symmetrischen Figuren gruppieren. Es sind zwar immer dieselben Kugeln, sie nehmen auch immer den gleichen Raum ein, und dennoch wird der Eindruck, welchen die aus der verschiedenen Gruppierung hervorgegangenen Figuren machen, ein ganz verschiedener sein. Man darf sich vorstellen, daß in ähnlicher Weise durch Umlagerung der Atome in einer Kohlenstoffverbindung das Aussehen der ganzen Masse ein andres wird, ja daß nicht nur das Aussehen, sondern daß auch die physikalischen Eigenschaften sehr auffallende Änderungen erfahren.

Ein Rückblick auf die hier in gedrängtester Kürze dargestellte Entwickelungsgeschichte der Kohlenstoffverbindungen dürfte in genügender Weise klarstellen, wie es möglich wird, daß sich aus Kohlenstoff und einigen wenigen andern Elementen, namentlich Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, viele Tausende verschiedener organischer Stoffe zusammensetzen, und wie diese schier unendliche Mannigfaltigkeit der in den Pflanzen enthaltenen organischen Verbindungen mit der merkwürdigen chemischen Natur des Kohlenstoffes zusammenhängt. Wir gelangen aber auch zu dem Ergebnisse, daß die Mittel, mit welchen diese Stoffe gebildet werden, ungemein einfache sind, und daß es bei der Wandlung der Stoffe in der Pflanze immer nur auf das Einschalten und Ausscheiden, auf die Anlagerung und Umlagerung der Atome einiger weniger Elemente ankommt.

Stoffwandlung in der lebenden Pflanze.

In der lebenden Pflanze vollziehen sich alle diese Verbindungen, Spaltungen und Verschiebungen mit größter Leichtigkeit, und viele der Stoffe, deren Zusammensetzung in den chemischen Laboratorien weder auf geradem Wege noch auf Umwegen gelingen will, werden in den Zellen der Pflanze sozusagen im Handumdrehen hergestellt. Vorzüglich gilt das von jenen schon im vorhergehenden Abschnitte dieses Buches im allgemeinen besprochenen organischen Stoffen, welche aus unorganischer Nahrung, aus Kohlensäure und Wasser, gebildet werden. Gerade diese nehmen aber unser Interesse am meisten in Anspruch. Sie sind für alles, was auf unserm Erdballe lebt und webt, die wichtigsten, ihre Bildung ist die Vermittelung eines der größten Gegensätze in der Natur, sie bilden die Brücke, durch welche das Reich des Unorganischen mit dem Reiche des Organischen, das Tote mit dem Lebendigen verbunden ist. Selbstverständlich sind diese ersten aus Kohlensäure und Wasser gebildeten organischen Stoffe auch die Ausgangspunkte für alle andern chemischen Verbindungen, aus welchen sich der Leib der Pflanzen sowohl als jener der Tiere aufbaut, oder mit andern Worten die Anfänge für alle jene weitern chemischen Veränderungen in den lebendigen Zellen, welche man unter dem Namen Stoffwandlung begreift.

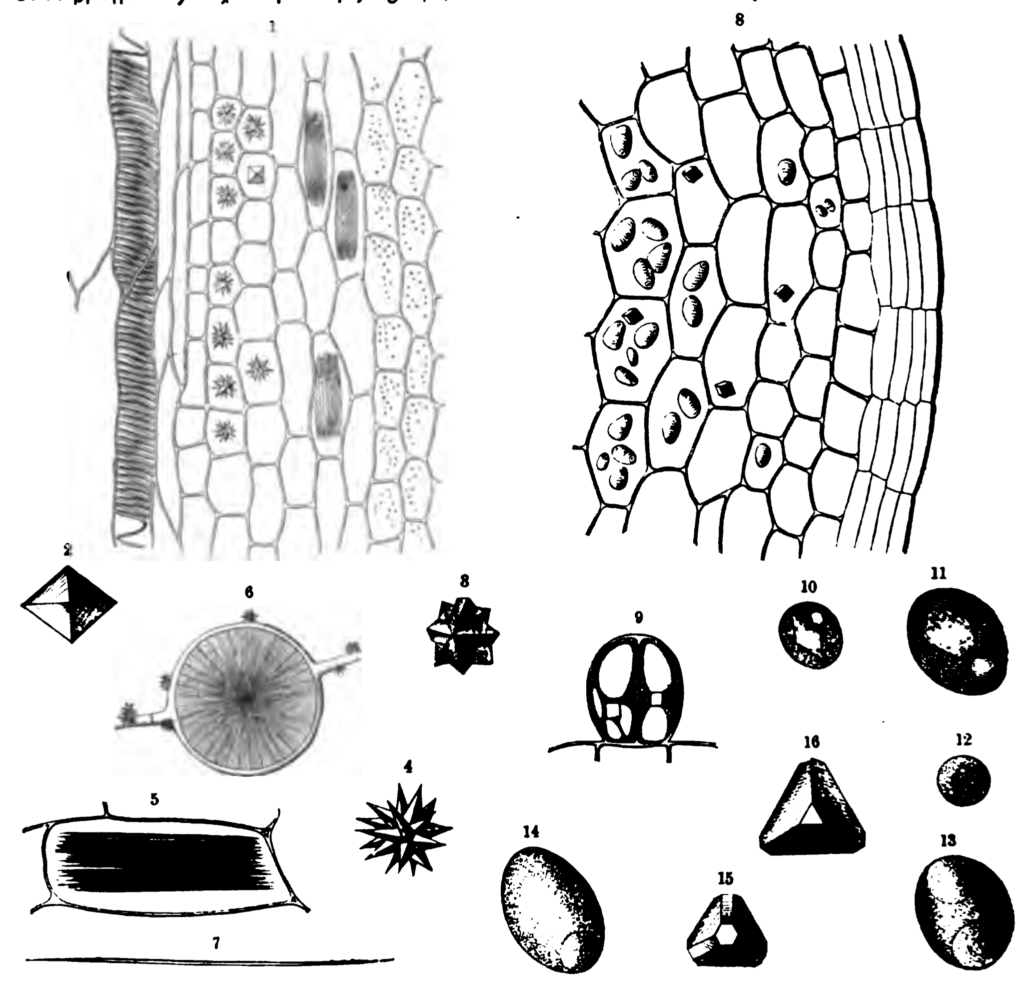
Der Vorgang bei der Entstehung dieser allerersten organischen Verbindungen ist der Hauptsache nach leicht verständlich. Man weiß, daß dabei Kohlendioxyd, beziehentlich Kohlensäure von den Pflanzen aufgenommen und Sauerstoff ausgeschieden wird; es ist auch bekannt, daß dann, wenn sich dieser Vorgang in einer Pflanze, welche sich in einem abgeschlossenen Raume befand, abgespielt hat, für alles Kohlendioxyd, welches daselbst enthalten war und von der Pflanze verbraucht wurde, ein gleiches Volumen Sauerstoff ausgeschieden wurde. Es findet also ohne Zweifel eine Reduktion des im Kohlendioxyd mit

Sauerstoff verbundenen Kohlenstoffes statt, und Hand in Hand mit dieser Reduktion muß auch eine Vereinigung des Kohlenstoffes mit Wasser stattfinden, wodurch dann eine der unter dem Namen *Kohlenhydrate* bekannten Verbindungen entsteht. Man hat sich den Vorgang auch auf folgende Weise zurechtgelegt. Die Kohlensäure wird in der grünen Zelle unter Ausscheidung von Sauerstoff zu Kohlenoxyd reduziert, dieses verbindet sich mit Wasserstoff zu einem unter dem Namen Formaldehyd bekannten Körper, und aus diesem entsteht unter Einwirkung alkalischer Substanzen ein Kohlenhydrat. Für diese letztere Auffassung spricht insbesondere der Umstand, daß es gelungen ist, aus dem Formaldehyd (Aldehyd der Ameisensäure), welcher aus 1 Atom Kohlenstoff, 1 Atom Sauerstoff und 2 Atomen Wasserstoff besteht, durch Zusammenbringen mit Kalk einen Zucker zu erzeugen, den man *Formose* genannt hat. Es würde hiermit ein ganz bestimmtes Kohlenhydrat als erster in der Pflanzenzelle gebildeter organischer Stoff festgestellt sein. Daß aber ausschließlich nur dieses Kohlenhydrat den Ausgangspunkt für sämtliche weitere organische Verbindungen in allen lebenden Pflanzen bildet, ist wenig wahrscheinlich. Es ist vielmehr vorauszusetzen, daß wenigstens in den grundverschiedenen großen Reihen der Pflanzenformen, in den Tangen, Florideen, Moosen, Farnen, Nadelhölzern, Gräsern, Palmen 2c., *verschiedene Kohlenhydrate als erste organische Verbindungen aus Kohlendioxyd und Wasser* gebildet werden. Es darf nicht übersehen werden, daß bei diesem Bildungsprozesse die Protoplasten in dem grünen Gewebe eine sehr wichtige Rolle spielen, daß diese recht eigentlich die Bildner sind, und daß der Bau und die chemische Zusammensetzung der Bildner oder mit andern Worten die spezifische Konstitution des Protoplasmas nicht ohne Einfluß auf die Gruppierung der Atome in dem gebildeten Kohlenhydrate sein wird. Man hat ja den ganzen hier in Rede stehenden Vorgang auch *Assimilation* genannt und damit sagen wollen, daß das Protoplasma jeder Pflanze aus der aufgenommenen unorganischen Nahrung Stoffe bildet, welche denjenigen gleichen, aus welchen es selbst aufgebaut ist. *Das assimilierende Protoplasma bildet also nach eignem Vorbilde fort und fort und kann hierbei aus den Schranken, welche ihm durch den eignen atomistischen Aufbau gezogen sind, nicht hinaus.* Es ist nun die Annahme gerechtfertigt, daß bei diesem Bildungsvorgange die Verähnlichung gleich vom Anfange her Platz greift, und daß Protoplasten, deren Leib eine verschiedene Konstitution zeigt, und denen bekanntlich auch die Fähigkeit zukommt, unter den mineralischen Nahrungsmitteln eine Wahl zu treffen, verschiedene Kohlenhydrate ausbilden. Mag dem sein wie immer, so viel ist sicher gestellt, *daß die erste in den grünen Zellen entstehende organische Verbindung eine Zuckerart oder irgend ein andres gelöstes, nicht sichtbar geformtes Kohlenhydrat ist.*

Unter dem Einflusse und durch Vermittelung des lebenden Protoplasmas und entsprechend dem Bedürfnisse und Bauplane der betreffenden Pflanzenart gehen nun mit diesen ersten Kohlenhydraten die mannigfaltigsten Veränderungen, die verschiedensten Umlagerungen und Angliederungen, Einschaltungen und Ausschaltungen von Atomen vor sich, und *es findet, solange die Pflanze lebt, eine fortwährende Wandlung der Stoffe statt.* Und zwar vollzieht sich diese Umwandlung in mehrfacher Richtung. Zunächst werden aus den ersten Kohlenhydraten unmittelbar oder mittelbar Verbindungen hervorgebracht, welche den Umfang und die Masse des Protoplasmas und der von diesem erzeugten Hüllen vergrößern, die Zahl der Zellen vermehren, das Wachstum der Pflanzen, ihre Verjüngung und Erneuerung ermöglichen, und welche man füglich als die Baustoffe bezeichnen kann.

Allen voran sind hier die *Eiweißstoffe* zu nennen, welche zu den wichtigsten Bestandteilen der bauenden lebendigen Protoplasten zählen. Wenn auch die chemische Zusammensetzung mit voller Sicherheit bisher nicht ermittelt werden konnte, so ist doch so viel gewiß, daß

außer den Bestandteilen der Kohlenhydrate auch noch Stickstoff und 0,8—1,7 Prozent Schwefel in den Eiweißstoffen enthalten sind, daß der Kohlenstoff mit vielen, vielleicht mit mehr als hundert Atomen an dem Aufbau eines Moleküls Anteil nimmt, und daß die Moleküle der Eiweißstoffe daher jedenfalls sehr groß sind. Damit aus einem Kohlenhydrate ein eiweiß-



Kristalle und Kristalloide: 1. Durchschnitt durch ein abgefallenes Blatt der wilden Rebe (Ampelopsis hederacea). In den Zellen teils Kristallgruppen (Drusen), teils Büschel von nadelförmigen Kristallen (Raphiden); in einer Zelle auch ein einzelner Kristall von der Form eines Briefkouverts. — 2—5. Einzelner Kristall, Drusen und Raphiden des oxalsauren Kalkes; noch mehr vergrößert. — 6. Sphärokristalle im Innern einer blasig erweiterten Hyphe und kleine Kristalldrusen an der Außenseite der Hyphenfäden von Phallus caninus. — 7. Einzelne Nadel aus einem Raphidenbüschel. — 8. Durchschnitt durch ein Stück einer Kartoffelknolle mit Kristalloiden und Stärkekörnern in den Zellen. — 9. Kristalloide in den Zellen einer Drüse auf dem Kartoffelblatte. — 10—12. Kristalloide in Proteinkörnern (Aleuronkörnern). — 13., 14. Pektinkörper in Proteinkörnern. — 15., 16. Einzelne Kristalloide. — 10—16. Aus dem Samen von Ricinus communis. Sehr stark vergrößert. Vgl. Text, S. 427.

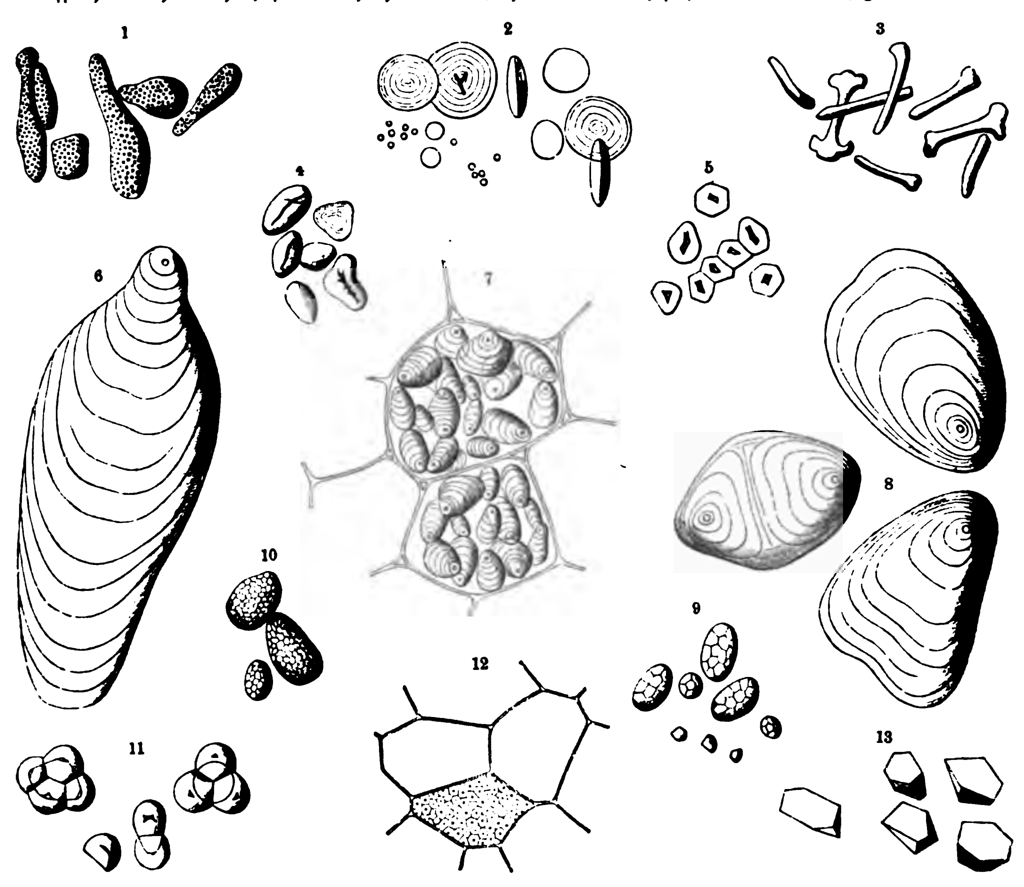
artiger Körper hervorgeht, müssen jedenfalls Stickstoff und Schwefel in die Verbindung einbezogen werden. Die Quelle für das erstere Element bilden die aufgenommenen Nährgase und Nährsalze: Salpetersäure und Ammoniak und verschiedene Verbindungen derselben, insbesondere salpetersaurer Kalk, welcher mit dem rohen Nahrungssafte zu den Stellen des Verbrauches hingeleitet wurde. Aus letztern muß natürlich die Salpetersäure freigemacht werden, und das geschieht dadurch, daß die aus einem Teile der Kohlenhydrate gebildete Oxalsäure sich mit dem Kalke zu unlöslichen Kristallen und kristallinischen Massen von oxalsaurem Kalke

(s. Abbildung, S. 426) verbindet. Die frei gewordene Salpetersäure muß nun in ähnlicher Weise reduziert werden wie die Kohlensäure bei der Bildung von Kohlenhydraten, und man nimmt an, daß sich der in der Salpetersäure enthaltene Stickstoff mit einem Kohlenwasserstoffe zunächst zu einer Amidosäure (Asparagin, Leucin, Tyrosin) verbindet, und daß erst dann durch Vereinigung dieser mit einem Kohlenhydrate Eiweiß gebildet wird. Der Schwefel wird dem mit den Nährsalzen aufgenommenen schwefelsauren Kalke oder einem andern schwefelsauren Salze entnommen und zwar in ähnlicher Weise, wie oben für den Stickstoff angegeben wurde, durch Vermittelung der Oxalsäure. Diese bildet mit dem Kalke oder der andern mit der Schwefelsäure verbundenen Base ein unlösliches Salz, welches in Form von kleinen Kristallen in den Zellen ausgeschieden wird, und die frei gewordene Schwefelsäure muß dann noch in irgend welcher Weise eine Reduktion erfahren, damit Schwefel in das Molekül des Eiweißstoffes eintreten kann. Man unterscheidet von Eiweißstoffen der Pflanzen: Albumine, Kaseine, Fibrine. Der in dem Getreide, beziehentlich im Mehle und Brote enthaltene, als Nahrung so wichtige Kleber ist ein Gemenge aus einem Kaseine und einem Fibrine. Alle diese Eiweißkörper erscheinen in löslicher und in unlöslicher Form. So z. B. ist das in den Mandeln enthaltene Konglutin ein lösliches Kasein und geht auch in Lösung über, wenn aus Mandeln mit Wasser Mandelmilch gemacht wird, während das Legumin, welches in den Erbsen, Bohnen, Linsen und in den Samen andrer Hülsenfrüchte enthalten ist und gleichfalls als Nahrungsmittel eine so wichtige Rolle spielt, im Wasser ungelöst bleibt und nur durch Pepsin bei Gegenwart einer Säure in den löslichen Zustand übergeführt werden kann. Während alle diese Eiweißverbindungen eine bestimmte Form nicht erkennen lassen, erscheinen die Proteinkörner (auch Aleuron genannt) und die sogenannten Kristalloide in ganz bestimmten Gestalten. Letztere sind Eiweißstoffe, welche ganz den Eindruck von Kristallen machen (s. Abbildung, S. 426).

Nächst den Eiweißstoffen ist als wichtigster Baustoff die Cellulose aufzuführen. Sie ist ein Kohlenhydrat, besteht aus 6 Atomen Kohlenstoff, 10 Atomen Wasserstoff und 5 Atomen Sauerstoff und geht aus den ersten zuckerartigen Kohlenhydraten hervor. Es wird diese Wandlung durch die lebendigen Protoplasten veranlaßt, welche an ihrer Peripherie eine Schicht aus Cellulose bilden, die man Zellhaut nennt. In der ersten Anlage dieser Zellhaut waltet reine Cellulose vor; je nach Bedürfnis wird dieses Kohlenhydrat durch den Protoplasten, beziehentlich durch die in der Zellhaut zurückgebliebenen feinen Fäden desselben ganz oder teilweise in andre Kohlenhydrate verwandelt und zwar entweder in Holzsubstanz (Lignin) oder in Korksubstanz (Suberin), oder aber die Cellulose verschleimt, wie z. B. in der innern Samenhaut der Quittenkerne. In den Stämmen und Ästen der Kirsch-, Pflaumen-, Mandel-, Aprikosen- und Pfirsichbäume wird die Cellulose häufig zu einer klebrigen, gestaltlosen, bräunlichgelben, bernsteinfarbigen Masse, welche aus den Rissen der Borke hervorquillt, erhärtet und unter dem Namen Kirschgummi (Cerasin) bekannt ist. In ähnlicher Weise bildet sich aus der Cellulose in den Stämmen einiger Akazien arabisches Gummi (Arabin) und in mehreren Tragantsträuchern (Astragalus-Arten) der Tragant. Die wachsartigen Ausscheidungen der Oberhaut, welche bei Besprechung der Transpiration erwähnt wurden, gehen gleichfalls aus Cellulose hervor.

Nicht nur an der Peripherie, auch an bestimmten Stellen im Innern seines Leibes bildet der Protoplast aus einem Teile des ersten zuckerartigen Kohlenhydrates Cellulose und zwar immer zusammen mit einem weitern Kohlenhydrate, der sogenannten Granulose. Cellulose und Granulose auf das innigste miteinander gemengt erscheinen in Gestalt von Körnern, und dieses geformte Gemenge wird Stärke oder Amylum genannt. Die Stärkekörner gehören zu den verbreitetsten Einschlüssen der Zellen, finden sich regelmäßig schon in den Chlorophyllkörpern und werden von ihrer ersten Bildungsstätte in alle Teile der

Pflanze gebracht, was allerdings nur dadurch möglich ist, daß die feste, geformte Stärke durch einen Hilfsstoff, die später noch zu besprechende Diastase, so oft verflüssigt wird, als sie aus einer Zelle in die andre übergeht. In manchen Geweben häuft sie sich so sehr an, daß die Zellen ganz mit ihren Körnern vollgepfropft erscheinen (s. untenstehende Abbildung, Fig. 7, 12). Stärke gehört zu den wichtigsten Reservestoffen, d. h. zu denjenigen Stoffen, welche nicht sofort nach ihrem Entstehen verbraucht, sondern vorläufig in Vorrats-



Verschiedene Formen der Stärke: 1. Aus den Samen des Radens (Agrostema Githago) — 2. Aus einem Weizenkorne. — 3. Aus der Wolfsmilch. — 4. Aus einem Bohnensamen. — 5. Aus einem Maiskorne. — 6. Aus dem Wurzelstocke des Blütenschilfes (Canna). — 7. Aus der Kartoffelknolle (in Zellen eingeschlossen). — 8. Aus der Kartoffelknolle (isoliert, sehr stark vergrößert). — 9. Aus einem Haferkorne. — 10. Aus dem Samen des Lolches (Lolium temulentum). — 11. Aus der Knollenzwiebel der Zeitlose (Colchicum autumale). — 12 Aus einem Reiskorne. — 13. Aus einem Hirsekorne. Sämtlich stark vergrößert. Vgl. Text, S. 428 u. 429.

kammern oder Reservestoffbehältern aufgespeichert werden, um erst später, wenn das Bedürfnis da ist, an geeigneter Stelle in Verwendung zu kommen. Sie kann z. B. in Samen jahrelang unverändert und wie tot verharren; wenn aber der Same keimt und der Keimling auswachsen soll, wird die Stärke verflüssigt, beziehentlich in ein andres Kohlenhydrat umgewandelt und schließlich im wachsenden Keimlinge durch eine neuerliche Verwandlung beim Aufbau der Zellhäute verwendet. Die in den verschiedenen Pflanzenarten gebildeten Stärkekörner sind sowohl nach der Größe als auch nach der Gestalt sehr verschieden. Die meisten größern Stärkekörner zeigen unter dem Mikroskope abwechselnde bläuliche und rötliche Zonen, was man auf Rechnung eines verschiedenen, sprungweise wechselnden Wassergehaltes bringt. Die bläulichen Zonen sind ärmer, die rötlichen reicher an Wasser. Viele

derselben zeigen auch einen wasserreichen Kern, der bei der Kartoffelstärke (Fig. 8) und der Stärke aus den Knollen des Blütenschilfes (Fig. 6) exzentrisch, bei der Weizenstärke (Fig. 2) zentral gelagert ist. An Stelle dieses Kernes kann sich infolge des Eintrocknens der Kernsubstanz auch eine Höhle ausbilden, wie z. B. im Stärkekorne der Bohnen und andrer Hülsenfrüchte (Fig. 4). In den meisten Pflanzenarten haben die Stärkekörner eine rundliche Gestalt, jene des Radens (Agrostema Githago) sind dagegen spindel- und keulenförmig (Fig. 1), jene der Wolfsmilcharten erinnern an kleine Röhrenknochen (Fig. 3), und wieder andre sind eckig und kantig wie Kristallfiguren (Fig. 5, 13). Das letztere beobachtet man insbesondere dann, wenn die Zellen, welche als Vorratskammern dienen, ganz dicht mit Stärkekörnern vollgepfropft sind, was eine Hemmung des Wachstumes und eine gegenseitige Abplattung zur Folge hat. In der Stärke des Hafers sowie in jener des Reises sind zahlreiche kleine, eckige Körnchen zu größern, ellipsoidischen Körnern zusammengekittet (Fig. 9, 10), und in der Stärke aus den Zwiebeln der Zeitlose findet man vier rundliche Körner, deren jedes eine Kernhöhle zeigt, zu regelmäßigen Gruppen verbunden (Fig. 11). Von den beiden Kohlenhydraten, welche in der Stärke innig gemengt sind, bildet die Granulose die Hauptmasse. Diese ist im Speichel löslich. Sie wird daher auch durch Zusatz von Speichel ausgezogen, während die Cellulose unlöslich zurückbleibt, ein Umstand, welcher mit Rücksicht auf die Verdaulichkeit der in Mehl und Brot so reichlich enthaltenen Stärke von großer Bedeutung ist.

An diese Stoffe, welche sogleich oder nach vorhergehender Rast als Baumaterial bei dem Wachstume und der Gestaltung des Pflanzenkörpers Verwendung finden, und ohne welche die Vergrößerung und Vermehrung der Zellen sowie die Vervielfältigung der Gewächse gar nicht denkbar sind, reihen sich andre an, die wohl selbst nicht zu Bausteinen werden, welchen aber die Aufgabe zukommt, an der Herstellung der Bausteine thätigen Anteil zu nehmen, die Bedingungen zu schaffen, unter denen die Erzeugung und Wanderung der Baustoffe, das Wachstum und die Vervielfältigung stattfinden können, welche nachteilige Einflüsse abwehren, Licht und Wärme regulieren und hundert andre kleine Vorteile vermitteln.

Zu diesen Stoffen, welche man Hilfsstoffe nennen könnte, gehören zunächst die durch ihre Beziehungen zu Licht und Wärme so wichtigen Farbstoffe: Chlorophyll, Phykoerythrin und Anthokyan, deren Rolle schon bei früherer Gelegenheit erörtert wurde, zum Teile im nachfolgenden noch zu besprechen sein wird. Ferner gehören hierher jene Verbindungen, welche die Aufgabe haben, Tiere zu den Pflanzen anzulocken, damit sie die Befruchtung oder die Verbreitung der Samen und Sporen vermitteln, oder deren Bedeutung darin liegt, daß sie Tiere, welche die Pflanzen in lebensgefährlicher Weise schädigen könnten, abschrecken und fern halten. In dieser Beziehung sind neuerdings Farbstoffe zu nennen, welche in Blüten und Früchten ausgebildet werden, damit diese jenen Tieren, deren Besuch den Pflanzen erwünscht ist, weithin sichtbar werden: zunächst wieder Anthokyan, welches bei Gegenwart von Säuren rot, sonst violett und blau erscheint, dann Anthoxanthin, das die Färbung der meisten gelben Blumen und Früchte veranlaßt. Anderseits ist hier zu nennen jener scharlachrote, noch wenig bekannte, wahrscheinlich zu den Anthracenen gehörige und mit dem Krapprot verwandte Farbstoff, welcher für viele Tiere als Abschreckungsmittel dient und welcher z. B. in den Fruchtkelchen der Schlutte (Physalis Alkekengi) so auffallend hervortritt.

Außer den Farbstoffen spielen in derselben Richtung auch süß schmeckende Stoffe, zumal Rohrzucker, dann auch Mannit und Dulcit eine wichtige Rolle. Wenn auch diese Rolle erst später eingehender besprochen werden kann, so ist es doch schon hier am Platze, darauf hinzuweisen, daß z. B. die Verbreitung der Sporen des Mutterkornes (Claviceps purpurea) durch Vermittelung einer von dem Mycelium ausgeschiedenen süßen Flüssigkeit erfolgt, welche von Ameisen und andern Insekten begierig aufgesucht wird. Indem nämlich die Insekten diese Flüssigkeit saugen und lecken, heften sie sich auch die Sporen des Mutterkornes

an und verschleppen diese dann auf andre Pflanzen. Unzählige Gewächse scheiden an bestimmten Stellen ihrer Blüten süßen Honig aus, der als Anlockungsmittel für jene Bienen, Hummeln und Falter dient, welche die Aufgabe haben, den Pollen oder Blütenstaub von Blume zu Blume zu übertragen. Anderseits werden wieder gewisse Tiere, deren Besuch den Blüten von Nachteil sein würde, durch den an der Basis der Laubblätter abgeschiedenen Honig von den Blüten abgehalten oder, besser gesagt, abgelenkt.

Eine ähnliche Bedeutung für das Leben der Pflanze haben auch die zahlreichen ätherischen Öle, Harze und Balsame. Die ätherischen Öle sind größtenteils Kohlenwasserstoffe, nur wenige enthalten auch Sauerstoff; das Lavendelöl, Kümmelöl, Eukalyptusöl, Terpentinöl, Kampferöl und viele andre bestehen aus 10 Atomen Kohlenstoff und 16 Atomen Wasserstoff. Trotz dieser prozentischen Übereinstimmung weichen sie in ihren optischen Eigenschaften, im Siedepunkte und insbesondere im Geruche sehr auffallend ab, was schon an den wenigen aufgezählten Beispielen beobachtet werden kann. Es gibt Pflanzen, welche in ihrem Laube, in ihren Blüten und in ihren Früchten verschiedene riechende ätherische Öle enthalten, wie z. B. der Pomeranzenbaum, dessen Laubblätter Pomeranzenblätteröl, dessen Blüten Neroliöl und dessen Früchte Orangenöl bilden. Da diese drei Öle aber eine gleiche Menge von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen enthalten, so muß auch hier angenommen werden, daß die Verschiedenheit auf einer andern Lagerung der Atome im Molekül beruht. Durch Aufnahme von Sauerstoff verwandeln sich die meisten dieser Öle in Harze, oder es entstehen Gemenge aus flüchtigem Öle und Harze, welche Balsame genannt werden. Die flüchtigen, auf weithin durch die Geruchsnerven wahrnehmbaren ätherischen Öle wirken zum Teile als Anlockungsmittel für jene Tiere, welche durch die Übertragung des Blütenstaubes oder durch Verbreitung der Früchte, Samen und Sporen den betreffenden Pflanzen einen Vorteil bringen; zum Teile aber werden sie zu Schutzmitteln gegen Angriffe von seiten der Tierwelt. Das letzte gilt namentlich für stark riechende Laubblätter und für harzige Früchte, welche von den Tieren als Nahrung nicht angenommen werden. Balsame, welche die aus den Knospen hervorkommenden Laubblätter wie ein Firnis überziehen, bilden ein Schutzmittel gegen zu weit gehende Transpiration, auch können sie bei der Wasseraufnahme durch die Blätter eine wesentliche Hilfe leisten, was schon bei früherer Gelegenheit besprochen wurde. Die aus einem Gemenge von Harz und Schleim bestehenden klebrigen Ausscheidungen an den Stengeln und Blütenstielen, welche so häufig bei den Nelkengewächsen vorkommen, halten die nach dem Blütenhonig lüsternen, aber als Gäste nicht willkommenen Tiere ab, welche über die Stengel zu den Blüten hinaufzuklettern versuchen.

Eine ähnliche Rolle wie die ätherischen Öle spielen im Pflanzenleben auch die Fette. Dieselben sind Verbindungen von Fettsäuren mit Glycerin und teilen sich in zwei Gruppen. Die Glieder der einen trocknen an der Luft unter Ausscheidung von Kohlensäure aus, wie beispielsweise das Mohnöl und Leinöl, die man aus diesem Grunde auch in der Ölmalerei verwendet. Die Glieder der andern Gruppe, z. B. Mandelöl und Olivenöl, bleiben an der Luft flüssig und bilden übelriechende Fettsäuren, welche Umwandlung man als Ranzigwerden bezeichnet. Die Fette werden in größerer Menge vorzugsweise in den Früchten, Samen und Sporen entwickelt und dort als Reservestoffe aufgespeichert, aber in vielen Fällen dienen sie auch als Anlockungsmittel und Schutzmittel. Nicht zu vergessen sind auch die an der Oberhaut von Laubblättern, Stengeln und Früchten sich bildenden kristallinischen oder auch gestaltlosen Fettausscheidungen, welche der Volksmund als Reif bezeichnet. Dieselben sind dem Wachse sehr ähnlich und haben für die Pflanze eine sehr mannigfache Bedeutung; sie schützen gegen nachteilige Benetzung mit Wasser, regulieren unter Umständen die Transpiration und können auch unvorteilhafte Angriffe von Tieren abwehren. Die Zweige mehrerer Weiden,

welche honigreiche Blütenkätzchen tragen, wie z. B. jene der Reifweide und kellerhalsblätterigen Weide (Salix pruinosa und daphnoides), sind mit solchen wachsartigen, ungemein glatten und schlüpfrigen Überzügen versehen, über welche die flügellosen, den Honig in den Blütenkätzchen witternden, für die Pflanze aber unwillkommenen Ameisen vergeblich emporzuklimmen versuchen.

Vorwaltend als Schutzmittel des grünen Gewebes der Laubblätter, aber auch der Früchte und der unterirdischen Pflanzenteile, der Wurzeln, Rhizome, Knollen und Zwiebeln, gegen das Abgefressen- und Vertilgtwerden durch Tiere werden die Alkaloide und Glykoside ausgebildet. Alle Alkaloide zeichnen sich durch ihren Gehalt an Stickstoff aus. Einige derselben sind sauerstofffrei und flüchtig, wie z. B. das in dem Kraute mehrerer Melden und in den Blüten der Weißdornsträucher und Birnbäume und der amerikanischen Pachysandra vorkommende Trimethylamin; die meisten aber sind sauerstoffhaltig und nicht flüchtig. Zu den letztern gehören die auf den Menschen und die meisten Säugetiere als Gifte wirkenden bekannten Alkaloide Morphin, Nikotin, Atropin, Coniin, Strychnin sowie die bekannten Heil- und Genußmittel Chinin, Kokain und viele andre. Die an diesen Stoffen reichen Blätter werden von den weidenden Tieren als Nahrung gemieden, und für die Pflanzen haben sie daher jedenfalls die Bedeutung von Schutzmitteln gegen das Abgeweidetwerden. Nur das flüchtige Trimethylamin in den Blüten mag als Anlockungsmittel für Insekten dienen. Die Glykoside, deren bereits über hundert bekannt sind, schließen sich in ihrer Bedeutung ganz den Alkaloiden an. Das Saponin wirkt als Gift auf Menschen und Säugetiere, das Amygdalin zerfällt in die giftige Blausäure, in Bittermandelöl und Zucker, und ganz ähnlich verhält es sich auch mit vielen andern. Das Tannin schmeckt ungemein bitter und schützt dadurch Zweige, Rinden und Früchte vor dem Abgeweidetwerden. Es ist aber interessant, zu sehen, daß bei manchen Früchten, welche durch die Vermittelung von Tieren verbreitet werden sollen, die Schale nur so lange durch bittere oder giftige Glykoside herb und ungenießbar erscheint, als die im Innern geborgenen Samen ihre Keimfähigkeit noch nicht erlangt haben. Sobald diese keimfähig geworden sind, werden auch die Glykoside umgesetzt, sie spalten sich durch den Einfluß der später zu besprechenden Enzyme oder auch durch Säuren, welche in den unreifen Früchten reichlich vorhanden sind, in Zucker und verschiedene andre unschädliche Stoffe, und die Fruchthülle, welche bisher herb, sauer und ungenießbar war, ist jetzt süß, schmackhaft und begehrenswert geworden. Dieselbe Schale, welche früher als Schutzmittel diente, bildet jetzt ein Anlockungsmittel. Die ausgereiften Früchte mitsamt den in ihnen eingeschlossenen Samen werden jetzt als Nahrung insbesondere von den Vögeln aufgesucht und aufgenommen, die süße Fruchthülle wird im Magen der Tiere verdaut, die gegen Verdauungssäfte trefflich geschützten Samen dagegen werden mit den Exkrementen der Tiere wieder ausgeschieden, keimen an den Punkten, wo sie abgesetzt wurden, und es wird so die weiteste Verbreitung der betreffenden Pflanzen ermöglicht. Das alles soll zwar später bei Besprechung der Verbreitungsmittel der Pflanzen noch ausführlich behandelt werden, aber es scheint mir angezeigt, dieser Vorgänge auch schon hier zu gedenken, um damit zu zeigen, daß die Wandlung der Stoffe in den Pflanzen mit dem jeweiligen Bedürfnisse gleichen Schritt hält, daß selbst in einem Falle, wo die Teilung der Arbeit in der Pflanze eine so weit gehende ist wie in dem eben erwähnten Beispiele, die Umlagerungen und Verschiebungen der Atome, die Spaltungen und der Aufbau chemischer Verbindungen immer zur rechten Zeit und am rechten Orte sich vollziehen, nämlich immer dann und dort, wo es für die Pflanze von Vorteil ist, und daß überhaupt alle diese Stoffwandlungen in ihren Zielen nur verständlich werden, wenn man sie auch in Zusammenhang mit dem Leben der Tiere bringt.

Es wurden oben die Bedeutung der schwefelsauren und salpetersauren Salze sowie die

Beziehungen derselben zur Oxalsäure besprochen und auseinandergesetzt, wie durch Vermittelung der letztern Schwefelsäure und Salpetersäure frei werden, und wie dann diese den Schwefel und Stickstoff zur Bildung der eiweißartigen Stoffe liefern. Wenn demnach die Oxalsäure auch nicht als notwendiger plastischer Bestandteil in dem Gerüste der ganzen Pflanze erscheint, so ist sie doch als Hilfsstoff bei den Stoffwandlungen ganz unentbehrlich. Ähnlich verhält es sich aber mit den andern organischen Säuren, welche in den Pflanzen vorkommen. Sie sind nur Hilfsstoffe bei den Umsetzungen oder Mittelstufen zwischen den Endgliedern der von der Pflanze gebildeten Verbindungen, nämlich der ersten Kohlenhydrate auf der einen und der zum Aufbaue oder zu weitern Zwecken fertig gestellten Stoffe auf der andern Seite. Unter diesen Verhältnissen ist es begreiflich, daß die organischen Säuren in allen Teilen der Pflanze sehr verbreitet sind, und daß die Säfte der lebenden Pflanze fast durchweg sauer reagieren. Es ist auch begreiflich, daß die Zahl der organischen Säuren eine überaus große ist. Die Oxalsäure, Weinsäure, Zitronensäure, Äpfelsäure mögen als Beispiele genannt sein; man kennt aber noch über zweihundert andre solche in verschiedenen Pflanzen beobachtete Säuren. Manche derselben findet man auch im tierischen Körper, namentlich einzelne Glieder aus der Reihe der sogenannten Fettsäuren, welche in Verbindung mit Glycerin Fette bilden, wie z. B. Buttersäure und Ameisensäure, von welch letzterer schon bei früherer Gelegenheit erwähnt wurde, daß sie in den Brennborsten der Nesseln enthalten ist. Daß durch organische Säuren die Glykoside zersetzt und bei dieser Gelegenheit Zuckerarten gebildet werden, wurde gleichfalls schon hervorgehoben. Gerade in betreff dieser Zucker ist es auch interessant, daß sie sowohl als erste organische Erzeugnisse (unter den aus Kohlensäure und Wasser von der Pflanze gebildeten Kohlenhydraten) und dann wieder als Endglieder einer jedenfalls sehr langen Kette von Umlagerungen, Zersetzungen und Spaltungen aus den Glykosiden durch den Einfluß organischer Säuren entstehen. Eine wichtige Rolle dürfte den nach dem Vorbilde der Oxalsäure und Ameisensäure zusammengesetzten organischen Säuren in der lebenden Pflanze auch bei der Turgeszenz der Zellen zukommen, indem sie das durch Verdunstung verloren gegangene Wasser mit großer Kraft wieder herbeizuziehen und dadurch die Turgeszenz wiederherzustellen im stande sind.

Eine besondere Aufgabe kommt auch den sogenannten Amidosäuren zu, unter welchem Namen man Asparagin, Tyrosin, Leucin, Glutamin ꝛc. begreift. Dieselben gehen einerseits durch Spaltung aus den Eiweißstoffen hervor, veranlassen aber anderseits immer wieder die Restauration der Eiweißstoffe im lebenden Protoplasma. Wenn nämlich jenes Kohlenhydrat, das neben der Amidosäure aus dem Eiweißstoffe entsteht, verbraucht ist, zieht die Amidosäure wieder ein frisches, eben erst in den grünen Zellen fertig gewordenes Kohlenhydrat herbei, verbindet sich mit demselben und ergänzt sich auf diese Weise wieder zu einem Eiweißstoffe, ein Vorgang, der sich unzählige Male wiederholen kann, und auf den bei der Besprechung der Atmung nochmals zurückzukommen sein wird. Auch wenn Eiweißstoffe, welche im gewöhnlichen Zustande die Zellwände nicht passieren können, geleitet werden sollen, werden sie wahrscheinlich zuerst in Asparagin oder eine ähnliche Amidosäure umgewandelt, und diese ergänzt sich dann dort, wo die Eiweißstoffe verweilen sollen, durch Hinzutreten eines Kohlenhydrates wieder zu einer eiweißartigen Verbindung.

Endlich gehört zu den Hilfsstoffen auch noch die Gruppe der Enzyme. Diese für das Pflanzenleben äußerst wichtigen Stoffe haben die merkwürdige Eigenschaft, auf andre Stoffe zersetzend einzuwirken, ohne dabei selbst zersetzt zu werden, und können infolgedessen auch in sehr geringer Menge die großartigsten Wirkungen ausüben. Sie enthalten sämtlich Stickstoff, sind in den Pflanzen weit verbreitet, aber infolge des Umstandes, daß sie selbst an den Stellen des Bedarfes nur in Spuren gebildet werden, nicht immer leicht nachzuweisen. Wie sie entstehen, ist noch rätselhaft; vielleicht auf ähnliche Weise wie die stickstoffhaltigen

Eiweißstoffe. Sie finden sich überall dort ein, wo feste Körper zu verflüssigen oder aufzulösen sind, beispielsweise, wenn es sich darum handelt, den Vorrat an geformter organischer Nahrung, welcher in Samen, Knollen und Wurzeln längere Zeit ruhend und gleichsam außer Verkehr gesetzt war, also die sogenannten Reservestoffe, in Fluß zu bringen und wieder in den Betrieb einzubeziehen, ferner, wenn es sich darum handelt, Stoffe, welche die Zellwände nicht passieren können, in einen für diese Wanderung geeigneten Zustand überzuführen, in welchem Falle sie dann eine ähnliche Wirksamkeit wie die früher besprochenen Amidosäuren entfalten, weiterhin, so oft feste organische Verbindungen als Nahrung aufgenommen, Insekten und andre Tiere von den tierfangenden Pflanzen verdaut, Pflanzenleichen von den Verwesungspflanzen gelöst oder auch die geformten Teile lebender Pflanzen von den Schmarotzern aufgezehrt werden sollen. Wenn die Saugzellen der Schmarotzerpflanzen Säfte aus den Wirtpflanzen gewinnen wollen, wenn die aus den Sporen hervortreibenden Hyphen durch die Oberhaut in das Innere der angefallenen Pflanze gelangen oder Hyphenfäden im Innern vielkammeriger Gewebe aus einer Kammer in die andre übergehen wollen, so müssen sie die Zellwände auflösen und sich so eine Durchgangspforte schaffen. Auch dort, wo sich jene merkwürdigen auf den folgenden Blättern zu behandelnden Vorgänge, die man Gärungen nennt, abspielen, scheinen die Enzyme ins Spiel zu kommen. Es ist anzunehmen, daß sie einen Bestandteil des Protoplasmas der gärungserregenden Organismen bilden und selbst durch die Zellwand hindurch auf ihre Umgebung erschütternd und zerlegend einwirken.

Die wichtigsten Enzyme sind erstens das Pepsin, welches bei Gegenwart verdünnter Säuren die Eiweißstoffe peptonisiert, d. h. sie in einen löslichen Zustand überführt, wodurch es möglich wird, daß sie durch die Scheidewände aus einer Zellkammer in die andre übergehen können. Das Pepsin, welches die Pflanzen enthalten, ist von jenem des Magensaftes der Tiere wohl nicht verschieden, so wie ja auch die Rolle, welche dasselbe hier und dort spielt, im Grunde dieselbe ist. Auch im Tiermagen hat es die wichtige Aufgabe, die Eiweißstoffe, welche als Nahrung aufgenommen wurden, in eine lösliche Form überzuführen, damit dieselben dann in das Blut gelangen können. Auf das Vorkommen des Pepsins in den tierfangenden Pflanzen wurde bereits S. 125 hingewiesen. Als ein weiteres Enzym ist aufzuzählen die Diastase, welche die Stärkekörner löslich macht, indem sie dieselben in Zucker und Dextrin spaltet. Sie stellt sich überall ein, wo Stärke aufgespeichert wurde, und zwar dann, wenn es sich darum handelt, diese Stärke wieder nutzbar zu machen und in den Stoffwechsel einzubeziehen. Weiter sind noch das Emulsin und Myrosin hervorzuheben, welche die Glykoside in der schon oben angegebenen Weise zerlegen und dadurch zur Bildung süßer Zucker, insbesondere in den Früchten, Veranlassung geben, aber auch sonst noch verschiedene andre Spaltungen bewirken können, wie z. B. die Spaltung des in den Mandeln enthaltenen Amygdalins in Glykose, Blausäure und Bittermandelöl, welche durch das Emulsin veranlaßt wird. Auch das Papayin, welches in den Früchten der Carica Papaya vorkommt, sowie das Invertin, welches in der Hefe beobachtet wurde, sind zu den Enzymen zu rechnen. Man hat alle jene Stoffe, welche auf ihre Umgebung zersetzend einwirken, ohne dabei selbst eine chemische Veränderung zu erfahren, auch Fermente genannt, und insofern haben auch alle Enzyme als Fermente zu gelten. Es ist aber nachgewiesen worden, daß unter Umständen auch Säuren, so namentlich die Phosphorsäure, ja auch das Wasser bei höherer Temperatur Fermentwirkung zeigen, und aus diesem Grunde hat man für die aufgezählten stickstoffhaltigen Verbindungen den Namen Enzyme gewählt.

Hiermit wären die wichtigsten jener Stoffe aufgezählt, deren Aufbau und Zerfall, deren Verwandlung und Wechsel sich für unsre sinnliche Wahrnehmung als das Leben der Pflanze darstellen.

2. Wanderung der Stoffe in der lebenden Pflanze.

Inhalt: Ableitungs- und Zuleitungsvorrichtungen. — Bedeutung des Anthokyans für die Wanderung und Wandlung der Stoffe. Herbstliche Verfärbung des Laubes.

Ableitungs- und Zuleitungsvorrichtungen.

Daß die Zersetzung der Kohlensäure und die Bildung organischer Stoffe aus der aufgenommenen gasförmigen und tropfbarflüssigen unorganischen Nahrung nur in den Zellen, welche Chlorophyllkörper enthalten, stattfinden kann, wurde bereits im vorhergehenden Abschnitte erläutert. Es wurde dort auch die Form und Anordnung der Chlorophyllkörper innerhalb einzelner Zellen, weiterhin die Form und Anordnung dieser grünen Zellen selbst besprochen. Auch wurde dort bereits erwähnt, daß zahlreiche Pflanzen existieren, welche nur aus einer einzigen grünen Zelle bestehen, daß es andre gibt, die zwar mehrzellig sind, aber doch in sämtlichen Zellen die Chlorophyllkörper in gleicher Gestalt und Gruppierung enthalten, und daß endlich in den meisten Samenpflanzen eine Teilung der Arbeit innerhalb jedes Stockes in der Weise stattgefunden hat, daß nur gewisse Zellen mit Chlorophyllkörpern ausgestattet sind, während andre derselben zu allen Zeiten vollständig entbehren. Schon bei früherer Gelegenheit wurde auch der Schmarotzer gedacht, von welchen viele ganz chlorophyllfrei sind, daher sie die Kohlensäure nicht zerlegen und organische Stoffe nicht selbst erzeugen können, sondern diese ihren Wirten aussaugen müssen. An diese schließen sich noch die Ernährungsgenossenschaften, in welchen chlorophyllfreie und chlorophyllführende Pflanzen gemeinsame Wirtschaft führen, und wo die erstern von den letztern gewisse frisch erzeugte organische Stoffe im Tausche übernehmen, und den Schluß dieser langen Reihe bilden die der Chlorophyllkörper entbehrenden Verwesungspflanzen, welche die organischen Stoffe nicht einmal von lebenden grünen Gewächsen, sondern aus abgestorbenen Pflanzen- und Tierkörpern oder aus leblosen, von Pflanzen und Tieren herstammenden organischen Substanzen beziehen. In den grünen, einzelligen Gewächsen, wie z. B. in den Desmidiaceen, von welchen zwei Arten auf der Tafel bei S. 22, Fig. i, k, abgebildet sind, müssen sich alle die verschiedenen Vereinigungen, Umlagerungen und Trennungen der Atome, welche zur Bildung von Zucker, Stärke, Cellulose, Chlorophyll, Eiweiß 2c. führen, im Bereiche einer einzigen Zelle vollziehen, und es liefern diese winzigen Pflanzen den Beweis, daß die mit dem Wachstume und dem Aufbaue verbundenen mannigfachen Stoffwandlungen auf engstem Raume nebeneinander und oft auch gleichzeitig stattfinden können. Um sich das vorstellen zu können, muß angenommen werden, daß das eine winzige Protoplasmaklümpchen, welches den lebendigen Körper der einzelnen Zelle bildet, in verschiedene Teile gegliedert ist, welchen verschiedene Funktionen zukommen. Die einen zersetzen den Kohlenstoff und bilden Kohlenhydrate, die andern übernehmen diese Kohlenhydrate und machen aus ihnen Eiweißstoffe, und wieder andre wandeln den gebildeten Zucker in Cellulose und bauen die Zellhaut auf.

Mit dieser Annahme ist aber notwendig auch die weitere Annahme einer Wanderung der Stoffe verbunden. In einzelligen Desmidiaceen (vgl. Tafel bei S. 22, Fig. i, k) beträgt der Weg, den der in den mittelständigen Chlorophyllkörpern erzeugte Zucker zurückzulegen hat, um an die Peripherie der Zelle zu gelangen, vielleicht nur zwei oder drei Tausendstel eines Millimeters; aber es ist doch ein meßbarer Weg, und man kann daher auch von einer Wanderung und Ableitung des Zuckers in der Desmidiaceenzelle sprechen. Die Leitung wird ohne Zweifel wieder durch gewisse Teile des Protoplasmas ausgeführt, und vielleicht

stehen die mannigfaltigen Stränge und Balken, welche in der Substanz des Protoplasmas beobachtet werden, hiermit im Zusammenhange. In mehrzelligen Pflanzen ist der Weg, welchen die Stoffe zurückzulegen haben, um an die Stellen zu gelangen, wo sie als Baustoff oder in irgend einer andern Art Verwendung finden sollen, häufig auch nur auf den Raum einer einzigen winzigen Zelle beschränkt, vielfach aber auch von dem Ausmaße einer langen Zellenreihe. Das letztere insbesondere dann, wenn den verschiedenen Zellen eines Pflanzenstockes verschiedene Funktionen zukommen, was schon bei vielen Sporenpflanzen, noch mehr aber bei den Samenpflanzen der Fall ist. Die in den grünen Blättchen eines Mooses gebildeten Stoffe müssen, wenn sie zum Aufbaue der Sporenbüchse und zur Herstellung der Sporen verwendet werden sollen, von Zelle zu Zelle zu dem am Moosstämmchen angelegten Archegonium hingeführt werden, ein Weg, der je nach den Arten von einigen Millimetern bis zu mehreren Zentimetern schwankt. Die Stoffe, welche zum Weiterbaue der Zweige einer Zitterpappel dienen, werden in den langgestielten grünen Blattflächen dieser Pflanze erzeugt; um in den wachsenden Zweig zu kommen, müssen sie durch den langen Blattstiel wandern und einen Weg zurücklegen, welcher die Größe jener Zellen, in denen sie gebildet wurden, mehrere tausendmal übertrifft. Und werfen wir einen Blick auf eine Palme, welche ihre wenigen großen Blätter zu einem Schopfe vereinigt am Scheitel eines schlanken Stammes wiegt. Damit die in den grünen Blättern gebildeten Baustoffe zu den wachsenden Wurzeln kommen, haben sie einen Weg von 20 und 30 m Länge zurückzulegen. Noch weiter ist wohl die Wegstrecke, auf welcher die im Laube der tropischen Reben bereiteten Säfte geleitet werden, um zu den Wurzeln zu gelangen, wo sie den dort schmarotzenden Rafflesien zur Nahrung dienen. Daß in solchen Fällen die von den wandernden Stoffen eingehaltenen Bahnen und ebenso die Anfangs- und die Endstationen derselben eine besondere Ausbildung erfahren, ist im vorhinein zu erwarten. Was man darüber in Erfahrung gebracht hat, mag hier in Kürze zusammengestellt sein.

Als Anfangs- oder Ausgangsstation erscheint natürlich immer das schon auf S. 348 geschilderte grüne Gewebe, welches in der weitaus größten Mehrzahl der Fälle in der Rinde grüner Stengelbildungen, in Laubblättern, jungen Fruchtblättern und im laubartigen Lager von Sporenpflanzen, seltener auch in Blumenblättern und in Wurzeln sich entwickelt hat. In den grünen, mehrzelligen Lagerpflanzen sowie in den Moosen bilden die chlorophyllhaltigen Zellen zugleich auch die Strombahn für die in ihnen gebildeten abzuleitenden Stoffe, und es sind dieselben entsprechend der Stromrichtung immer in die Länge gestreckt. In den Moosen entstehen in den Blättchen sehr häufig Zellenreihen und Zellenzüge, welche gegen die Basis der Blättchen, beziehentlich gegen die Stellen, wo die Blättchen vom Stengel ausgehen, konvergieren, und in der Nähe dieser Stelle sind die Zellen auch entsprechend der Richtung des Stromes am meisten in die Länge ausgezogen. Auch im Stengel sind die leitenden Zellen entsprechend der Stromrichtung stark in die Länge gestreckt. Eine deutliche Grenze zwischen den Zellformen an der Ausgangsstation, in der Strombahn und am Stromziele ist aber hier nicht zu erkennen.

Anders verhält es sich in jenen Gewächsen, deren Blätter und Stengel von Gefäßbündeln durchzogen sind. Da übernehmen chlorophyllose Zellen und eigentümliche diesen Bündeln angehörende Röhren die von dem grünen Gewebe ausgehenden Stoffe, um sie zu den Stellen des Verbrauches hinzuleiten. Die Teilung der Arbeit hat sich demnach in allen diesen Fällen so vollzogen, daß ein Teil der Zellen die Zersetzung von Kohlensäure und die Bildung der ersten organischen Verbindungen, ein andrer Teil die Ableitung dieser ersten Erzeugnisse übernimmt, wobei selbstverständlich nicht ausgeschlossen ist, daß während der Ableitung auch noch mannigfaltige Umwandlungen der Stoffe erfolgen. Bei einer solchen Teilung der Arbeit ist es von Wichtigkeit, daß die organischen Verbindungen,

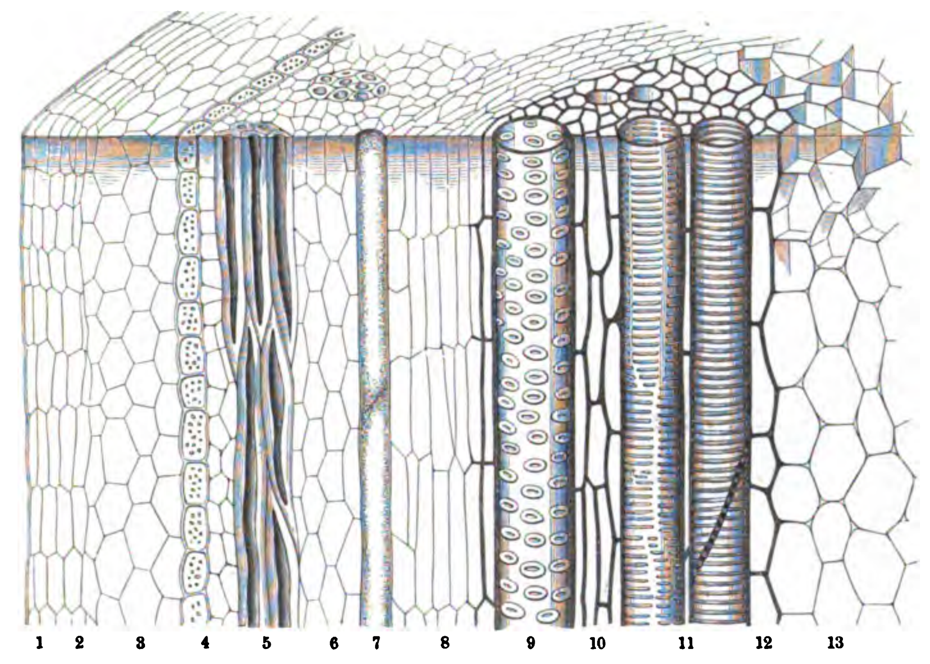
welche in den oberflächlich gelegenen grünen Zellen unter dem Einflusse des Lichtes gebildet wurden, möglichst rasch aus ihren Bildungsstätten entfernt werden, damit dort der wichtige Vorgang der Kohlensäurezersetzung keinerlei Störung erleide. Dieser möglichst raschen Abfuhr auf kürzestem Wege ist nun in der Weise Rechnung getragen, daß die grünen Zellen in der Richtung, nach welcher sie ihre Erzeugnisse fortschaffen, gestreckt, und daß die benachbarten grünen Zellen voneinander möglichst isoliert sind. Mögen sie im übrigen wie immer angeordnet sein, die angedeutete Richtung und auch die Isolierung wird von ihnen unter allen Umständen eingehalten.

Was insbesondere die Isolierung anlangt, so ist sie dadurch erreicht, daß die gestreckten, parallel nebeneinander liegenden Zellen eine cylindrische Form annehmen, infolgedessen sie sich nur tangieren und verhältnismäßig große luftgefüllte Räume zwischen ihnen übrigbleiben. Ein Austausch von Stoffen zwischen solchen cylindrischen Zellen, beziehentlich eine Wanderung der Stoffe durch die Langseiten derselben in querer Richtung ist vollständig ausgeschlossen, und es erfolgt die Auswanderung von Stoffen nur in der Richtung, nach welcher die betreffende cylindrische Zelle gestreckt ist. Was die Organe anlangt, welche die von den grünen Zellen in der eben angedeuteten Richtung herkommenden Stoffe ableiten, so liegen diese im Bereiche jener Stränge, die als helle, bald zarte, bald grobe Adern in das Grün der Laubflächen eingeschaltet sind, als dicke Bündel durch die Blattstiele und Stengel verlaufen und in den Holzpflanzen auch dicht zusammengedrängt die Hauptmasse der Stämme bilden. Es wäre übrigens irrig, zu glauben, daß diese Stränge ausschließlich nur von den die plastischen Stoffe ableitenden Gebilden zusammengesetzt werden. Neben ihnen und mit ihnen verbunden finden sich regelmäßig auch Holzzellen, Holzröhren und andre Gefäße, welche die von den Wurzeln aufgenommenen mineralischen Nährstoffe sowie das Wasser, in dem diese Nährstoffe gelöst sind, aufwärts zu den transpirierenden Geweben hinleiten. Endlich sind diesen zweierlei der Leitung dienenden Gebilden regelmäßig noch elastische, faserförmige Bastzellen angelagert, damit das Ganze die nötige Festigkeit und Elastizität erhält. In solchen Strängen, die man Gefäßbündel nennt, finden sich demnach die verschiedensten Gebilde mit den verschiedensten Funktionen auf engem Raume zusammengedrängt, und es kommt auch vor, daß gerade die Zellen und Gefäße, welche als Strombahn für die in den grünen Geweben gebildeten organischen Stoffe dienen, an ihnen einen dem Umfange nach nur sehr bescheidenen Anteil haben.

Es wurden viererlei Ableitungsvorrichtungen ermittelt. Vor allem sind es Gruppen von Parenchymzellen, welche den andern Teilen des Gefäßbündels, zumal den wasserleitenden Holzröhren und Holzzellen, angelagert sind, dieselben häufig rings umkleiden und einen förmlichen Mantel bilden, den man mit dem Namen Gefäßbündelscheide belegt hat. Diese Gefäßbündelscheiden sind insbesondere in den Laubblättern entwickelt und bilden dort einen Hauptbestandteil der Blattrippen und Blattadern, welche durch das grüne Gewebe ziehen (s. Abbildung, S. 438, Fig. 2). In den feinern und feinsten Äderchen, welche die letzten Endigungen der Gefäßbündel darstellen, umgeben Parenchymzellen die wenigen durch schraubenförmige Verdickungen ausgesteiften oder auch verholzten wasserleitenden Zellen, welche von dem Gefäßbündel noch übriggeblieben sind, und manchmal sind diese feinsten Äderchen so vorwiegend aus den Parenchymzellen gebildet, daß man sie als besondere Gewebeform mit dem Namen Nervenparenchym bezeichnet hat.

Nächst den Gefäßbündelscheiden sind die Markstrahlen als Leitungsorgane der von den grünen Zellen gebildeten Stoffe aufzuführen. Dieselben bestehen gleichfalls aus parenchymatischen Zellen, welche verholzte Wandungen haben und senkrecht auf die Achse der Stammbildung, der sie angehören, gestreckt sind. Sie bilden Gewebeplatten, welche zwischen die Gefäßbündel eingelagert sind und das in der Mitte des Stammes gelegene Mark mit

der Rinde verbinden. Außer diesen Markstrahlen, welche man die primären nennt, bilden sich auch noch in Mitte der Gefäßbündel ganz ähnliche Platten aus parenchymatischen Zellen, welche aber mit dem Marke in der Mitte des Stammes in keinem Zusammenhange stehen und sekundäre Markstrahlen geheißen wurden. Wenn man den Stamm eines Nadelholzes oder eines Laubholzes quer durchschneidet, so erblickt man am Querschnitte die Gefäßbündel in den meisten Fällen so angeordnet, daß sie zusammen einen Ring um das mittelständige Mark bilden; dieser Ring erscheint von den eben besprochenen Geweben unterbrochen, welche strahlenförmig vom Marke ausgehen, woraus sich der Name Markstrahlen erklärt.

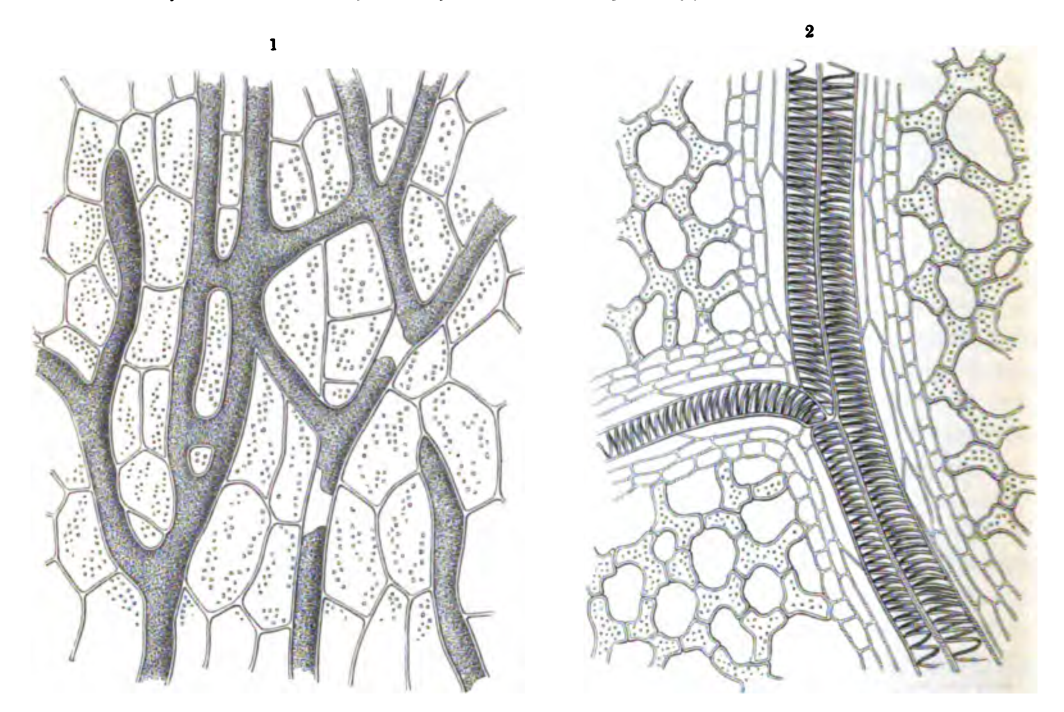


Ausschnitt aus dem Zweige eines Laubholzes, ungefähr 200mal vergrößert. Schematisch. 1. Oberhaut (Epidermis). — 2. Kork (Periderm). — 3. Rindenparenchym. — 4. Gefäßbündelscheide. — 5. Hartbast. — 6. Bastparenchym. — 7. Siebröhre. — 8. Kambium. — 9. Getüpfeltes Gefäß. — 10. Holzparenchym. — 11. Gefäße. — 12. Markscheide. — 13. Mark.
Vgl. Text, S. 437, 438 u. 442.

Als eine dritte Form der Leitungsvorrichtungen für die in den grünen Zellen gebildeten organischen Verbindungen hat der Weichbast zu gelten. Der Weichbast besteht zum Teile aus zartwandigen parenchymatischen, häufig auch engen, langen, sich an den Enden verschmälernden Zellen (Kambiformzellen), welche in der Richtung des Bündels oder Stranges, dem sie angehören, gestreckt sind und ein Gewebe bilden, das man Bastparenchym genannt hat (s. obenstehende Abbildung, Fig. 6), zum andern Teile aus Schläuchen, die in verhältnismäßig großen, oft 2 mm messenden Abständen Wände eingeschaltet enthalten, welche meist horizontal, manchmal auch schräg gestellt sind und den Schläuchen ein gegliedertes Ansehen verleihen. Scharf umgrenzte Felder sowohl auf den eingeschalteten Querwänden als auch an den seitlichen Wandungen der Schläuche erscheinen durchlöchert, haben ein siebartiges Ansehen und werden Siebplatten genannt, die Schläuche selbst aber heißt man Siebröhren, Baströhren oder Bastgefäße (s. obenstehende Abbildung, Fig. 7). Der Weichbast bildet nur selten selbständige Stränge, wie z. B. in einigen Melastomaceen; in der Regel sind ihm Stränge elastischer, fester, faserförmiger Hartbastzellen, welche mit der Leitung von Stoffen nichts zu thun haben, und denen nur eine architektonische Bedeutung zukommt, angelagert (s. Abbildung,

S. 437, Fig. 5). Dieser Faserbast oder Hartbast, vereinigt mit dem Weichbaste, bildet dann in den Gefäßbündeln sehr vieler Pflanzen die eine Hälfte, den sogenannten Bastteil, während die andre Hälfte, der sogenannte Holzteil, aus Holzzellen, die mit Holzröhren und andern wasserleitenden Gefäßen kombiniert sind, besteht (s. Abbildung, S. 437, Fig. 9—11).

Eine vierte Ableitungsvorrichtung für die Produkte der grünen Zellen bilden die Milchröhren (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1). Dieselben erscheinen als dünnwandige, vielfach verzweigte, häufig auch netzförmig verbundene, schlauchförmige Gebilde, welche alle Teile der Pflanze, Blätter, Stengel und Wurzeln, anscheinend ziemlich regellos durchziehen. Man unterscheidet mit Rücksicht auf ihre Entwickelung Milchgefäße und Milchzellen. Erstere



Ableitungsorgane: 1. Milchröhren aus einem Blatte des Giftlattichs (Lactuca virosa); 250mal vergrößert. — 2. Gefäße mit schraubigen Verdickungsleisten an den Wänden, umgeben von der Gefäßbündelscheide, aus einem Blatte des Ricinus communis; 210mal vergrößert. Vgl. Text, S. 436, 438 u. 440.

gehen aus Zellenreihen hervor, deren Zwischenwände sich auflösen, so daß aus den Zellenreihen Schläuche werden; letztere entstehen aus einzelnen anfänglich sehr kleinen Zellen, welche sich außerordentlich verlängern, sich vielfach verzweigen und mit ihren Verzweigungen sich zwischen die Zellen andrer Gewebe eindrängen, ganz ähnlich wie etwa die Hyphen schmarotzender Pilze in das Gewebe ihrer Wirtpflanzen hineinwachsen. Man findet die Milchröhren nicht in allen Pflanzen. Besonders reich an diesen Gebilden sind die Wolfsmilcharten, einige Tausend Arten von Korbblütlern, worunter beispielsweise die Schwarzwurzel (Scorzonera) und der Salat (Lactuca), welch letzterer dem Milchsafte seinen Namen verdankt, der Oleander, viele Asklepiadeen, die Papaveraceen und Artokarpeen. Aus den gigantischen Stämmen der tropischen Feigenbäume quillt der Milchsaft manchmal aus Rissen der Rinde, die sich von selbst gebildet haben, reichlichst hervor und verdichtet sich zu langen Schnüren und Seilen von Federharz, welche wie ein Mantel herabhängen. Besonders erwähnenswert ist hier auch der Kuhbaum von Caracas (Galactodendron utile), aus welchem, wenn man ihn ansticht, eine Fülle süßer genießbarer Milch hervorquillt, dann die Sorveira (Collophora

utilis) am Amazonas, aus der ein zäher, zur Bindung von Farbstoffen verwendeter Milchsaft gewonnen wird, endlich der Mohn (Papaver somniferum), dessen vertrockneter Milchsaft als Opium bekannt ist. In der Mehrzahl der Fälle ist der Milchsaft weiß, bei den Papaveraceen findet man aber auch andre Farben. So enthält das Schöllkraut (Chelidonium majus) einen orangen und die Blutwurz (Sanguinaria Canadensis) einen blutroten Milchsaft. Auch die milchenden Blätterschwämme (Lactarius) führen teils weißen, teils schwefelgelben, teils orangen und mennigroten Milchsaft.

In den Laubblättern verlaufen die Milchröhren mit den Gefäßbündeln und ersetzen mitunter die Gefäßbündelscheiden; wenigstens sind dort, wo die Milchröhren sich an die Gefäßbündel anlegen, die Gefäßbündelscheiden lückenhaft und nur sehr unvollkommen ausgebildet. Man hat auch beobachtet, daß in den Stammbildungen der Asklepiadeen, wo die Milchröhren sehr entwickelt sind, die Siebröhren auffallend reduziert erscheinen, und schließt daraus, daß sich die verschiedenen Ableitungsvorrichtungen mitunter gegenseitig ersetzen und vertreten können.

Es muß übrigens hier auch ausdrücklich bemerkt werden, daß die Milchröhren nicht ausschließlich nur zur Ableitung der in den grünen Zellen erzeugten Stoffe dienen, daß sie unter Umständen und zu gewissen Zeiten auch als Behälter für Reservestoffe benutzt werden, gerade so wie die Markstrahlen, die Siebröhren und die Gefäßbündelscheiden, welche im Winter, wenn die Zersetzung der Kohlensäure und die Bildung von Kohlenhydraten in den grünen Zellen sistiert ist, und wenn es überhaupt nichts mehr zum Ableiten gibt, als Speicher fungieren, in welchen Vorräte bis zum nächsten Frühlinge abgelagert werden. Die Parenchymzellen der Gefäßbündelscheiden, welche im Sommer zur Ableitung benutzt wurden, sind dann mit Stärkekörnchen vollgepfropft, in den Siebröhren schließen sich sogar über Winter die Poren der Siebplatten, und erst in der nächsten Vegetationsperiode, wenn alles in Fluß kommt und die grünen Zellen wieder frische Kohlenhydrate bilden, beginnt es auch in den Siebröhren, Milchröhren, Gefäßbündelscheiden und Markstrahlen lebendig zu werden. Dann dienen diese Gebilde allerdings vorwaltend wieder als Ableitungsorgane.

Was den *Anschluß der Ableitungsorgane an die grünen Zellen* anlangt, so herrscht zwar in dieser Beziehung eine sehr große Mannigfaltigkeit, es lassen sich aber die vielerlei Einrichtungen doch auf zwei Hauptformen zurückführen, nämlich auf solche, wo der Anschluß unmittelbar erfolgt, und solche, wo der Anschluß durch besondere eingeschaltete Zellen vermittelt wird.

Aus der *ersten Formengruppe* sind zunächst die Rutensträucher erwähnenswert, welchen das Laub entweder ganz oder nahezu ganz fehlt, und wo die Hauptmasse des grünen Gewebes in der Rinde der rutenförmigen Zweige ausgebildet ist, wie beispielsweise an dem strahligen Geißklee und dem Besenstrauche (s. die Figuren 3 und 4 auf S. 275 und 1 und 2 auf S. 307). Hier ist der Kreis von Gefäßbündeln, welcher die Grundlage des ganzen Zweiges bildet, von einer gemeinsamen Gefäßbündelscheide umgeben, und die Zellen des grünen Gewebes in der Rinde verbinden sich an der einen Seite mit der Oberhaut, an der andern Seite mit dieser Gefäßbündelscheide, an welch *letztere auch die erzeugten organischen Stoffe unvermittelt abgegeben werden.* In den Laubblättern vieler lilienartiger Gewächse, zumal in den reitenden Blättern der Schwertlilien, sind die grünen Zellen in die Quere gestreckt und bilden gewissermaßen Spangen, welche zwischen den von der Basis bis zur Spitze des Blattes fast parallel verlaufenden Gefäßbündeln ausgespannt sind. Jede der spangenfömigen grünen Zellen steht an ihren beiden Polen mit einem Gefäßbündel in Verbindung und gibt nach beiden Seiten an die ableitenden Teile dieser Gefäßbündel, beziehentlich an die Gefäßbündelscheiden die gebildeten Stoffe unmittelbar ab. An andern lilienartigen Gewächsen, namentlich an den Blättern und grünen Stengeln der

Zwiebelarten, sieht man dagegen die grünen Zellen palissadenförmig ausgebildet, und ihr längerer Durchmesser steht senkrecht auf der Oberfläche jenes Teiles, dem sie angehören. Hier ist daher die Verbindung mit den ableitenden Zellen der Gefäßbündel eine einseitige, der Anschluß aber ist auch da ein unvermittelter. Endlich ist auch noch der eigentümlichen Verbindung der Milchröhren mit den Palissadenzellen in den Blättern der Wolfsmilcharten zu gedenken. Wenn auch die Milchröhren überall, wo sie in der Pflanze vorkommen, reichlich verzweigt erscheinen, nirgends ist die Bildung von Zweigröhren eine so vielfache wie in der Nähe der Palissadenzellen. Viele Abzweigungen schließen sich direkt an die Palissadenzellen an. Es kommt auch vor, daß sich einzelne Endigungen der Milchröhren an die untern Enden mehrerer büschelförmig zusammenneigender Palissadenzellen anlegen (s. Tafel bei S. 22, Fig. s), und daß einzelne Milchröhrenzweige sich zwischen die Palissadenzellen einschieben. In allen diesen Fällen werden natürlich die in dem grünen Gewebe erzeugten Stoffe ohne jede weitere Vermittelung von den letzten Endigungen der ableitenden Milchröhren übernommen.

Aus der zweiten Formengruppe, welche dadurch charakterisiert wird, daß der Anschluß durch besondere eingeschaltete Zellen vermittelt ist, wäre zunächst des nicht selten in den Blättern grasartiger Gewächse beobachteten Falles zu gedenken, wo die vermittelnden Zellen, welche man auch Zuleitungszellen nennt, mehr oder weniger quergestreckt und nicht vielarmig sind. Die unter der Oberhaut liegenden grünen Zellen sind palissadenförmig und senkrecht zur Blattoberfläche gestreckt; der längere Durchmesser der unter ihnen liegenden, an Chlorophyllkörpern viel ärmern Zellen ist dagegen schräg zur Blattoberfläche oder selbst parallel zu derselben gestellt und zielt augenscheinlich auf die großen Zellen der Gefäßbündelscheiden in der Mittelschicht des Blattes hin. Diese chlorophyllarmen Zellen verknüpfen also die Palissadenzellen mit den ableitenden Zellen der Gefäßbündelscheide und dienen als Vermittler der Stoffableitung. Der häufigste aller Fälle ist aber derjenige, wo die Zuleitungszellen vielarmig ausgebildet sind. Die Laubblätter, welche diese vielarmigen Zuleitungszellen enthalten, sind nach der obern und untern Blattseite hin verschieden ausgebildet. Unter der Oberhaut der obern Seite sieht man das Palissadengewebe, welches aus cylindrischen oder prismatischen Zellen besteht, deren Längenachse senkrecht zur Fläche des Blattes steht (s. Abbildung, S. 256, und Fig. r auf Tafel bei S. 22). Unterhalb dieser Palissadenzellen folgen die Armzellen, welche sich untereinander mit ihren armförmigen Fortsätzen zu einem großmaschigen, von weiten Zwischenräumen unterbrochenen Gewebe, dem oft genannten Schwammparenchym, verbinden. Durch einzelne Arme, welche sich an die untern, beziehentlich innern Enden der Palissadenzellen anschließen, ist die Verbindung des Schwammparenchyms mit dem Palissadengewebe hergestellt; häufig verbindet sich auch ein einziger Arm mit den innern Enden mehrerer Palissadenzellen, wodurch dann eine büschelige Gruppierung der letztern zu stande kommt. In gleicher Weise wie mit den Palissadenzellen verbinden sich die Armzellen des Schwammparenchyms auch mit jenen ableitenden Zellen, welche als Hülle der das Blatt mit Wasser und Nährsalzen versorgenden und dasselbe in Gestalt von zarten Adern durchziehenden Röhren und Holzzellen ausgebildet sind und welche die bereits erwähnten Gefäßbündelscheiden zusammensetzen (s. Fig. 2 der Abbildung auf S. 438). So werden die Armzellen des Schwammparenchyms zu Vermittlern der Stoffleitung; mit den einen Armen übernehmen sie die in den Palissadenzellen erzeugten organischen Stoffe, mit den andern Armen überliefern sie diese Stoffe den Gefäßbündelscheiden zur weitern Beförderung an die Stellen des Verbrauches.

Daß übrigens die Zellen des Schwammparenchyms nicht nur der Zuleitung dienen, sondern noch verschiedene andre Funktionen auszuüben haben, braucht wohl nicht ausführlich begründet zu werden. Es genügt, darauf hinzuweisen, daß sie auch Chlorophyllkörper

enthalten und daher befähigt sind, Kohlensäure zu zerlegen und Kohlenhydrate zu bilden, wenn auch in viel geringerm Maße als die viel chlorophyllreichern Palissadenzellen; zudem findet hier im Schwammparenchym, dessen Lücken und Gänge durch die Spaltöffnungen mit der Außenwelt in Kommunikation stehen, die Ausscheidung von Wasserdampf und überdies ein lebhaftes Einströmen und Ausströmen von andern Gasen und hiermit im Zusammenhange eine ausgiebige Umsetzung der organischen Verbindungen statt, so daß das Schwammparenchym nicht nur bei der Wanderung der Stoffe, sondern auch bei der Umwandlung derselben beteiligt ist. Man darf überhaupt die Rolle, welche die zu- und ableitenden Gebilde auch bei der Wandlung der Stoffe spielen, nicht übersehen. Alle diese Gebilde enthalten lebendige, thätige Protoplasten, in allen findet sich ein protoplasmatischer Zellenleib, wenn auch oftmals nur in Form eines sehr zarten Wandbeleges, und in allen findet unter dem Einflusse dieses lebendigen Protoplasmas nicht nur eine Fortbewegung, sondern auch eine unendlich mannigfaltige, der Individualität der Art und dem jeweiligen Bedürfnisse entsprechende Umsetzung der Stoffe statt, so daß diese Gebilde nicht nur als einfache Strombahnen für die aus den grünen Zellen herkommenden frischen Kohlenhydrate, sondern auch zugleich als Herde der Stoffwandlung, als Stätten, wo die in den grünen Zellen erzeugten ersten organischen Verbindungen für den schließlichen Verbrauch am Ziele der Wanderung zubereitet werden, aufzufassen sind. Gerade darin liegt auch ein wesentlicher Unterschied von jenen Leitungsvorrichtungen, welche die Aufgabe haben, Wasser und mineralische Nährsalze zu dem grünen Gewebe hinzuführen, und die man, wie schon wiederholt bemerkt, so häufig mit den die organischen Stoffe ableitenden Zellen und Röhren in demselben Bündel vereinigt findet. In den wasserleitenden Röhren und Zellen, wenn sie einmal ihre volle Größe erreicht haben, haust kein Protoplast mehr, es findet in ihnen auch keine Umwandlung des geleiteten rohen Nahrungssaftes statt, und das Wasser mit den darin gelösten mineralischen Nährsalzen wird unverändert durch dieselben zu den verdunstenden Zellen hingeleitet. Wenn man den schon oft gebrauchten Vergleich mit den Einrichtungen eines menschlichen Haushaltes in Anwendung bringen wollte, so ließen sich die Holzzellen und Holzröhren eines Gefäßbündels mit einer Leitung vergleichen, die Wasser und Salz in die Küche liefert. Das grüne Gewebe aber bildet die Küche, in welcher die Rohstoffe verarbeitet und so zubereitet werden, daß sie durch die ableitenden Zellen zu den Stellen des Bedarfes und Verbrauches hingebracht werden können.

Daß die zweierlei grundverschiedenen Leitungsvorrichtungen so regelmäßig in einem und demselben Bündel vereinigt sind, findet darin seine Erklärung, daß die Stätten, welche für die eine Leitung das Endziel bilden, für die andern, wenigstens teilweise, der Ausgangspunkt sind; auch ist mit dieser Verbindung jedenfalls eine Ersparung an Baumaterial verbunden. Alle Leitungsvorrichtungen wollen gefestigt und in ihrer Lage gesichert sein, und da ist es jedenfalls ein Vorteil und eine Ersparung an Baumaterial, wenn die verschiedenen bei der Leitung beteiligten Gebilde sich gegenseitig nützlich sind und gegen nachteilige äußere Einflüsse unter einem geschützt und versichert werden.

Die Gefäße und Zellen, welche das Wasser und die Nährsalze zu leiten die Aufgabe haben, verholzen, und jene massigen Holzkörper, welche in den Stämmen älterer Holzpflanzen vorkommen, bilden eine so feste Stütze, daß der zartwandige Weichbast, wenn er sich an diese Stütze anschmiegt und mit ihr parallel verläuft, gegen Knickung vortrefflich geschützt ist. In jenen Organen dagegen, welche auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen sind, namentlich in Blattrippen und Blattstielen, Halmen und jüngern Zweigen, stellt sich Hartbast als Begleiter der ab- und zuleitenden Zellen und Röhren ein. Diese Stränge aus den dickwandigen und dabei doch geschmeidigen und elastischen Hartbastzellen machen es möglich, daß die Organe, an welche sie angelagert sind,

selbst unter dem Einflusse eines bedeutenden Zuges und Druckes nicht geknickt und zerrissen werden. Man sehe einmal auf die Halme, Stengel, Zweige und Laubblätter einer Wiese oder eines Waldes zur Zeit der Gewitterschwüle, welche dem Ausbruche eines Sturmes vorausgeht. Kein Blättchen regt sich, selbst die schwanken Halme sind unbewegt, und alle Teile der Pflanze nehmen jene Lage zum Lichte ein, welche für sie, die wahren Kinder des Lichtes, die günstigste ist. Nun bricht das Gewitter los, der Wind saust über die Flur, die Blätter zittern, schaukeln und flattern, die Blattstiele schwanken, die Halme neigen und beugen sich, die Stengel und Zweige werden gekrümmt und niedergedrückt, daß sie mit ihren Spitzen fast den Boden berühren; zudem wird das Laubwerk vom Regen gepeitscht und durch jeden anprallenden Tropfen erschüttert und aus der Lage gebracht. Eine Stunde später ist der Sturm vorüber; hier und da liegt vielleicht noch eine Gruppe von Stengeln und Blättern unter der Last der Regentropfen hingestreckt, und ein Teil der erschütterten krautigen Stengel ist gegen den Windschatten bogenförmig gekrümmt, aber die andern stehen schon wieder aufrecht und unbewegt, als ob sie nie von einem Lüftchen berührt worden wären; schließlich erheben auch die durch die Erschütterung gekrümmten und von den Regentropfen so arg niedergedrückten Stöcke ihr Zweig- und Laubwerk, und alles hat wieder denselben Stand und dieselbe Lage wie vor dem Ausbruche des Gewittersturmes angenommen. Das ist aber nur möglich gemacht durch Einschaltung und Anlagerung jener elastisch biegsamen Stränge des Hartbastes, welche die Siebröhren und die andern bei der Bereitung und Leitung der organischen Stoffe beteiligten zarten und weichen Gebilde begleiten. Es ist zwar unvermeidlich, daß sich infolge des Druckes und Zuges, der sich beim Anpralle des Windes geltend macht, der Durchschnitt der Zellen und Gefäße verengert, und daß z. B. bei der Krümmung einer cylindrischen Röhre der Durchschnitt derselben zu einer Ellipse wird; aber da durch die Elastizität des Hartbastes der niedergebogene Stengel oder das niedergebogene Blatt wie eine Feder wieder in die frühere Lage zurückschnellt, so dauert die durch Zug und Druck veranlaßte Veränderung nur ganz kurze Zeit, bedingt keine Unterbrechung der Funktion, ist vielleicht für die Fortbewegung der Stoffe sogar von Vorteil, und, was die Hauptsache ist, es erfolgt keine Zerreißung und keine bleibende Knickung der zartwandigen, weichen Gebilde.

Gegen die Nachteile eines seitlichen Druckes sind diese zartwandigen stoffableitenden Zellen und Gefäße, zumal jene des Weichbastes, in der Weise geschützt, daß sich ihnen verschiedene Gewebe, namentlich Kork, vorlagern (s. Abbildung auf S. 437, Fig. 2), welche ähnlich wie Stoßballen den von der Seite her kommenden Stoß und Druck abhalten oder doch bedeutend abschwächen. Besonders merkwürdige Schutzeinrichtungen gegen seitlichen Druck findet man auch bei Schling- und Kletterpflanzen mit ausdauerndem holzigen Stengel, also bei jenen Gewächsen, welche man gemeinhin als Lianen anspricht. Um diese Einrichtungen richtig deuten zu können, ist es notwendig, sich zuerst ein Bild von der Lage der zu schützenden Teile in jenen ausdauernden Holzpflanzen, welche weder klettern, noch schlingen und welche einen aufrechten, geraden Pfahlstamm besitzen, zu verschaffen. Wie schon früher erwähnt, sind bei diesen Gewächsen, zu welchen die Nadelhölzer sowie Eichen, Buchen, Rüstern, Linden, Apfelbäume und überhaupt die meisten Laubhölzer gezählt werden, die Gefäßbündel um das mittelständige Mark im Kreise gestellt und bestehen vorwaltend aus dem der Leitung des rohen Nahrungssaftes dienenden Holzteile und dem zur Leitung und Umwandlung der in den grünen Zellen gebildeten organischen Stoffe verwendeten Bastteile. Beide Teile sind bei den genannten Gewächsen durch eine Gewebeschicht getrennt, in welcher eine sehr lebhafte Neubildung von Zellen vor sich geht, und die man das Kambium genannt hat (s. Abbildung auf S. 437, Fig. 8). Von diesem Kambium aus, welches an dem kreisförmigen Querschnitte jedes Pfahlstammes als Ring erscheint, entwickeln

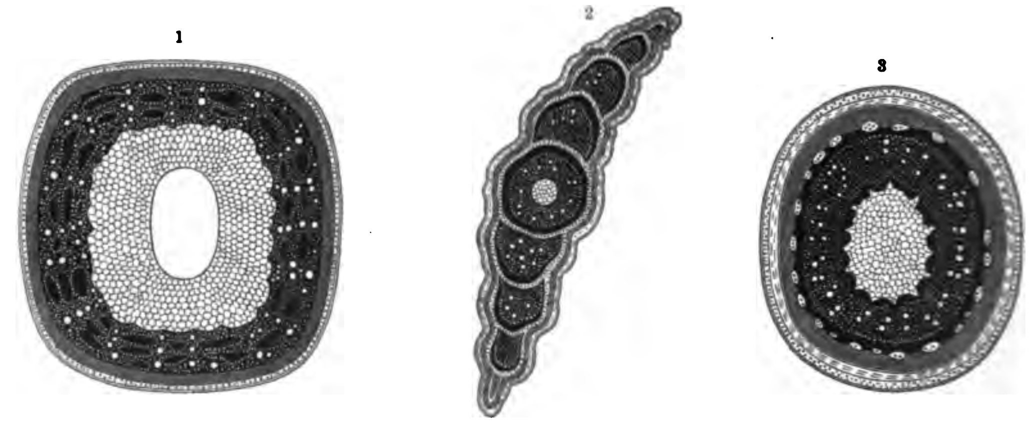
sich einerseits Zellen, welche sich an den schon vorhandenen Holzteil nach innen, anderseits Zellen, welche sich an den schon vorhandenen Bastteil der Gefäßbündel nach außen zu anlegen. Dadurch nehmen beide Teile, es nimmt aber auch der ganze Stamm an Umfang zu; es entstehen insbesondere in dem Holzteile die am Querschnitte der Pfahlstämme sichtbaren Jahresringe. Doch auch der Kambiumring erweitert sich; derselbe wird immer weiter und



Rhynchosia phaseoloides, eine Liane mit bandförmigen Stengeln. Vgl. Text, S. 444.

weiter, bleibt aber stets in der gleichen Lage und Beziehung zum Holz- und Bastteile der Gefäßbündel und behält auch seine ringförmige Gestalt bei, mag der betreffende Stamm noch so alt und dick geworden sein und Hunderte von Jahresringen zeigen. Der Weichbast liegt also hier außerhalb des Kambiumringes und ist seinerseits nach außen zu bedeckt von verschiedenen Geweben, zu denen unter andern auch Hartbast und Korkgewebe gehören, von welchen das letztere in mehrjährigen Stämmen eine bedeutende Entwickelung erfahren kann, während der Hartbast in ältern Stämmen mehr zurücktritt, weil diese auf Biegungsfestigkeit

nicht mehr in Anspruch genommen werden. In den Pfahlstämmen ist demnach der Weichbast ziemlich oberflächlich gelegen. Da ein starker, von außen kommender seitlicher Druck bei denselben nicht zu besorgen ist, so kann diese Lage nicht als eine ungünstige bezeichnet werden. Gegen geringere Druckkräfte gewähren an ältern Pfahlstämmen der **Kork** und die andern äußern Teile der Rinde, welche man unter dem Namen Borke begreift, den genügenden Schutz. Ganz anders verhält es sich nun bei den Lianen und zwar insbesondere denjenigen, welchen Pfahlstämme zur Stütze dienen. Vorrichtungen, welche die Tragfähigkeit und Elastizität erhöhen, sind in den Lianen überflüssig, diese Aufgabe wird ohnedies von der Stütze übernommen; dagegen ist ein Schutz gegen seitlichen Druck dringend notwendig, denn wenn die Stütze, an welche sich die Lianen anklammern, mit welchen sie durch Haftwurzeln verwachsen sind, oder die sie umwinden und umschlingen, in die Dicke wächst, was bei den Pfahlstämmen immer der Fall ist, so ist damit ein seitlicher Druck auf die anliegende Lianenschlinge unvermeidlich. Wenn aber durch solchen



Querschnitte durch Lianenstengel: 1. Thunborgia laurifolia. — 2. Rhynchosia phaseoloides. — 3. Tecoma radicans. 30mal vergrößert. Schematisch. Die einzelnen Gewebe sind in folgender Weise charakterisiert. Der Weichbast: ganz schwarz; das Holz: größere und kleinere weiße Punkte auf schwarzem Grunde; der Hartbast und andre mechanische Gewebe: schräg schraffiert; Kork (Periderm): gestrichelt; Mark: genetzt. Vgl. Text, S. 445.

Druck die Siebröhren und das Bastparenchym auf weitere Erstreckung zusammengepreßt würden, wäre es denselben unmöglich, ihrer Aufgabe im vollen Umfang nachzukommen, und eine Störung der Ernährung wäre unausbleiblich. Gegen diesen möglichen Nachteil sind nun die Lianen durch die verschiedensten Einrichtungen gesichert, von denen einige der auffallendsten hier in Kürze vorgeführt werden sollen.

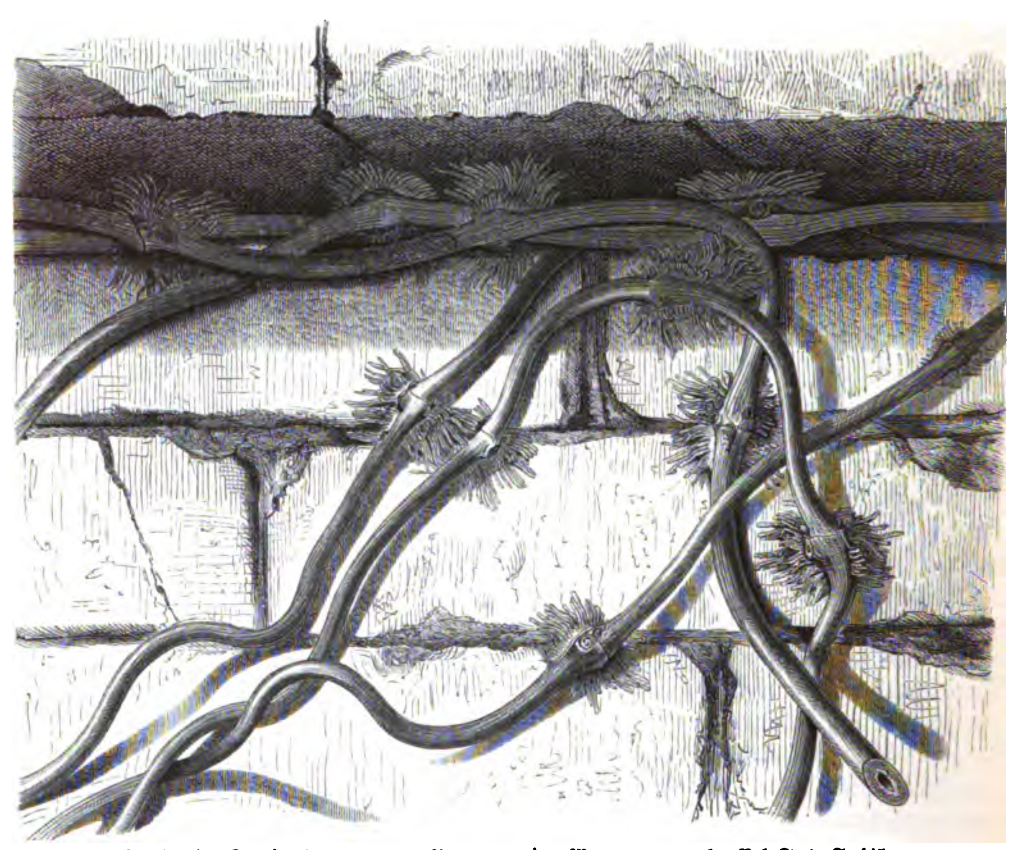
An der Rhynchosia phaseoloides erscheinen die jungen, grünen, schlingenden Stengel im Durchschnitte rund und zeigen einen Bau, welcher sich von jenem der jungen Pfahlstämme nicht wesentlich unterscheidet. In der Mitte ein Mark, um welches die Gefäßbündel Ringe bilden und zwar zunächst Holz, dann Weichbast, weiterhin Hartbast, dann eine Schicht grüner Zellen und endlich die Haut, welche das Ganze umschließt. Man sollte nun erwarten, daß sich im zweiten Jahre von den neugebildeten Zellen und Röhren Holz an Holz, Weichbast an Weichbast anlagern und der runde Stengel gleichmäßig an Umfang zunehmen werde, ohne seine Form zu ändern. Seltsamerweise geschieht das aber nicht, sondern es entstehen nahe der Peripherie des Stengels, unterhalb der grünen Zellen, an zwei Punkten neue Bildungsherde, von welchen die Bildung des Holzes in der Richtung gegen den erstjährigen Gefäßbündelring und des Weichbastes mit angelagertem Hartbaste an der gegenüberliegenden Seite ausgeht. Der Stengel ist nach Ablauf des zweiten Jahres nicht mehr rund wie im ersten, er hat gleichsam zwei Flügel bekommen,

zeigt jetzt einen elliptischen Querschnitt, und da sich diese Art der Neubildung von Jahr zu Jahr wiederholt und sich an die schon vorhandenen Flügel immer wieder neue Flügel anschließen, wird der Stengel allmählich bandförmig und zeigt einen Durchschnitt, wie er in der Abbildung auf S. 444, Fig. 2, zu sehen ist. Der Weichbast hat so die denkbar geschützteste Lage erhalten, und seitlicher Druck vermag seine Funktion nicht zu beeinträchtigen. Wenn auch der zur Stütze dienende Pfahlstamm, welchen die **Rhynchosia** umschlungen hat, mächtig in die Dicke wächst, die Liane dadurch gespannt wird und einen seitlichen Druck erfährt, so kann nichtsdestoweniger der Saft im Weichbaste unbehindert seine Wanderungen vollziehen. Nicht unähnlich verhält es sich auch bei mehreren Sapindaceen, so namentlich bei **Serjania**, wo sich um den ersten Gefäßbündelkreis drei oder mehrere neue Bildungsherde bilden, von welchen neue Gefäßbündelkreise ausgehen. Diese aber sind nicht genau zentriert, sondern gegen die Peripherie des Stengels zu auffallend verkümmert, nach der Richtung des ersten Gefäßbündelkreises gefördert. Insbesondere ist der Weichbast dieser angelagerten Gefäßbündelkreise gegen die Mitte des Stengels hin gut entwickelt und hat hier eine gegen seitlichen, auf den Stengel wirkenden Druck vortrefflich geschützte Lage.

An der Liane **Thunbergia laurifolia**, deren Stammquerschnitt die Abbildung auf S. 444, Fig. 1, veranschaulicht, ist der Schutz wieder auf eine wesentlich andre Weise erreicht. Hier sind die grünen Stengel hohl, und der Hohlraum ist von einem mächtigen Marke umgeben. In den Gefäßbündelring, welcher das Mark umschließt, sind schon von Anfang an Holz und Weichbast nicht, wie das sonst gewöhnlich der Fall ist, in aufeinander folgenden konzentrischen Kreisen, sondern nebeneinander gelagert. Das Kambium bildet hier fort und fort nach innen zu stellenweise Weichbast und stellenweise Holz. Infolgedessen erscheinen dann die Weichbastbündel im Holze wie eingemauert und sind auf diese Weise auch gegen Pressung gut geschützt, wozu freilich auch der Umstand beiträgt, daß diese Liane im Innern hohl ist, was im ganzen genommen bei Schlingpflanzen nicht häufig vorkommt.

Mitunter ist für den zarten Weichbast ein Schutz gegen das Zusammengedrücktwerden auch dadurch erreicht, daß derselbe an der Peripherie des Holzkörpers in Nischen und Rinnen des festen Holzes liegt, ein Fall, der namentlich an mehreren schlingenden Asklepiadeen und Apocyneen vorkommt. Eine der merkwürdigsten Schutzeinrichtungen findet man an der mit Büscheln von Luftwurzeln an die Unterlage anwachsenden Kletterpflanze **Tecoma radicans**, deren blattlose Zweige von der auf S. 446 eingeschalteten Abbildung dargestellt werden, und von welcher Fig. 3 der Abbildung auf S. 444 einen Querschnitt durch den Stamm zur Anschauung bringt. Die jungen an eine Mauer angewurzelten Zweige sind im Durchschnitte elliptisch, von zwei Seiten her immer etwas zusammengedrückt; die Rinde derselben wird gebildet aus der Oberhaut, zwei darunterliegenden Schichten elastischer, parenchymatischer und einer Schicht grüner Zellen. Darunter folgt der Weichbastring, welchem nach außen zu Bündel von Hartbast angelagert sind, weiterhin Kambium- und Holzring und in der Mitte ein mächtig entwickeltes Mark, welches durch den Holzring hindurch ein- oder zweireihige Markstrahlen aussendet. So weit würde die Anordnung der verschiedenen Gewebe nichts besonders Auffallendes aufweisen und mit jener der jungen Zweige zahlreicher Holzpflanzen übereinstimmen. Merkwürdigerweise sind aber hier an der innern, dem Marke zugewendeten Seite des Holzringes nochmals Züge von Kambiumzellen ausgebildet, welche nach außen zu Holz, nach innen zu Weichbast entwickeln. Die Bestandteile des Weichbastes: Siebröhren und Bastparenchym, bilden recht ansehnliche Bündel, welche gegen das Mark zu vorspringen und hier im Innern der Stengel, gegen seitlichen Druck trefflich geschützt, unbeirrt ihrer Aufgabe nachkommen können. Sollten die leitenden Zellen und Siebröhren des äußern Bastringes den Dienst versagen, so bleiben immer noch diese innern Leitbündel für den Transport der plastischen Stoffe übrig.

So erklärt sich die wechselnde Gruppierung der Bestandteile des Stengels und
besondere die Verteilung der Strombahnen für die in dem grünen Gewebe gebildeten St
zum Teile aus den Schutzeinrichtungen gegen von außen kommende gefährliche Zug- u
Druckkräfte, welche je nach der eigentümlichen Lebensweise der Pflanzen und nach den V
hältnissen des Standortes in der mannigfaltigsten Weise zur Geltung kommen. Ich s
aber ausdrücklich zum Teile, denn in nicht geringerm Maße wird die Lage der Stro
bahnen in den Stengeln auch von der Lage der grünen Zellen, insbesondere von der S



Entlaubte Zweige der Tecoma radicans, an einer Mauer angewurzelt. Vgl. Text, S. 445.

lung jener Blätter, welche den Ausgangspunkt für die Wanderung der Stoffe bilden, bedingt, und endlich ist auch die Lage des Zieles der Wanderung in dieser Beziehung von hervorragendem Einflusse. Das Ziel der wandernden organischen Stoffe bilden aber in erster Linie die wachsenden Teile der Pflanze, die Wurzelenden und Zweigenden, überhaupt alle Stellen, wo sich den schon vorhandenen Zellen neue zugesellen, wo abgestorbene und absterbende durch frische ersetzt werden sollen, und wo Baustoffe in genügender Menge zur Hand sein müssen. In zweiter Linie wird sich die Wanderung von Stoffen nach jenen Punkten richten, wo Schutz- oder Lockmittel notwendig sind, welche indirekt zur Erhaltung und Vermehrung der Art beitragen, und wo mit dem Schutze oder der Anlockung ein Verbrauch an Stoffen verbunden ist. So ist es z. B. von Wichtigkeit, daß der an gewissen Stellen in den Blüten abgeschiedene Honig, welcher den die Befruchtung vermittelnden Gästen aus der Insektenwelt zur Speise dient, stets in genügender Menge vorhanden sei und für den Fall, daß er durch Bienen oder Falter aus seinen Behältern

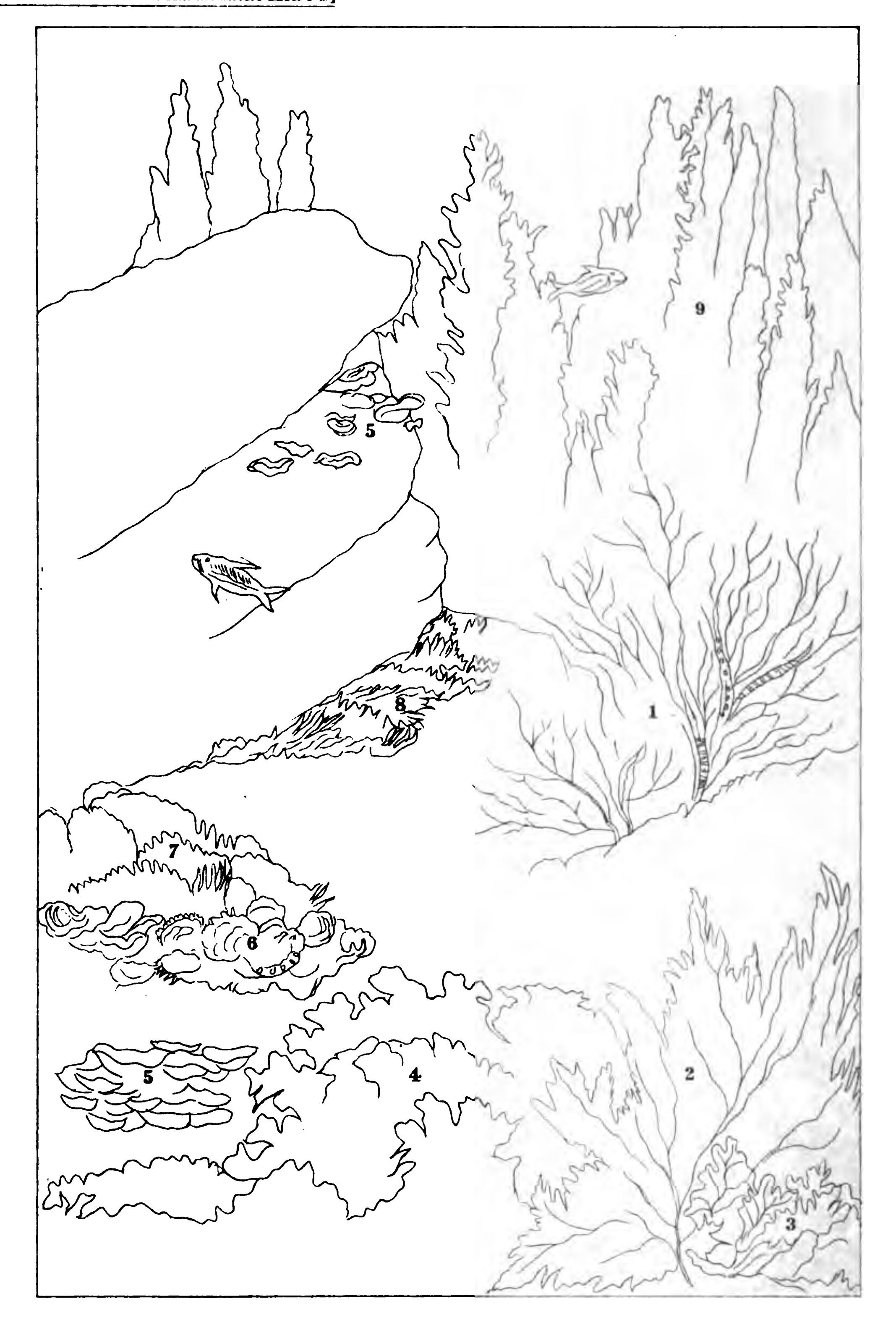
tengel
gebilbeten
rliche
nd nach den
mmen.
age der
re von de



FLORIDEEN IM ADRIATISCHEN MEERE.
(Nach Aquarellen von Fritz v. Kerner und E. v. Ransonnet.)



[Zur Tafel: *»Florideen im Adriatischen Meere«.*]



1 *Ceramium strictum.*
2 *Plocamium coccineum.*
3 *Dictyota.*

4 *Nitophyllum ocellatum.*
5 *Peyssonnelia squamaria.*
6 *Padina Pavonia.*

7 *Sphacelaria scoparia.*
8 *Callithamnion.*
9 *Sargassum linifolium.*

abgeholt wurde, sofort durch neuen Zufluß ersetzt werde. Ebenso muß dafür gesorgt sein, daß in den Fallgruben und in den andern Vorrichtungen, welche dem Tierfange dienen, Pepsin und andre zur Verdauung der Beute notwendige Substanzen in genügender Menge zur Hand sind, daß die Alkaloide und bittern Stoffe, durch welche die Wiederkäuer von dem Abfressen des Laubes abgehalten werden, in der benötigten Quantität und zur rechten Zeit an die richtige Stelle gebracht werden. Der Vorgang der Verjüngung und Vervielfältigung bringt es auch mit sich, daß jene Zellen und Zellengruppen, welche sich von dem Pflanzenstocke ablösen und als Sporen und Samen in die weite Welt hinauswandern, für die erste Zeit ihrer Selbständigkeit mit einem Vorrate von Stoffen ausgerüstet werden, damit sie davon so lange zehren und auf Kosten derselben so weit sich entwickeln können, als notwendig ist, um dann aus Luft, Wasser und Erde sich selbst die nötige Nahrung zu verschaffen. Diese Stellen, wo sich Sporen und Samen ausbilden, werden daher gleichfalls ein wichtiges Ziel für gewisse wandernde Stoffe sein. Endlich kann es sich auch noch darum handeln, daß in Landschaften, wo ein zeitweiliger Stillstand in der Lebensthätigkeit der Pflanzen eintritt, wo das saftreiche grüne Laub infolge periodisch eintretender Dürre vertrocknen oder infolge der Winterkälte erfrieren würde, alle brauchbaren Stoffe aus den gefährdeten Blättern zurückgezogen und in einer entsprechenden Form an gesicherten Stellen abgelagert und zur spätern Verwendung aufgespeichert werden. In diesem Falle werden eben diese gesicherten Stellen, diese Vorratskammern oder Reservestoffbehälter, das Ziel der Stoffwanderung bilden.

Es ist zu erwarten, daß sich nicht nur die Anordnung und Verteilung der Strombahnen nach den verschiedenen Zielen richtet, sondern daß auch für verschiedene wandernde Stoffe verschiedene Bahnen vorhanden sind. In der That haben die Untersuchungen ergeben, daß die oben aufgezählten Leitungsvorrichtungen die Arbeit unter sich gewissermaßen teilen. In den Markstrahlen und im Holzparenchym werden vorwaltend Kohlenhydrate und zwar in erstern in radialer, im letztern in der Längsrichtung des betreffenden Stengels geleitet. Die Gefäßbündelscheiden der Blattadern führen besonders reichlich Glykoside; auch gewisse Zellenzüge des die Gefäßbündel im Stengel begleitenden Parenchyms führen Glykoside, andre Zucker (Zuckerscheiden); wieder andre zeichnen sich dadurch aus, daß sie die Bahn für wandernde Stärke bilden (Stärkescheiden). Die Siebröhren und das Bastparenchym leiten dagegen vorwaltend Eiweißstoffe, welche als Baumaterial für wachsende und sich vergrößernde Teile der Pflanze Verwendung finden.

Aus den zuletzt erwähnten wichtigen Beziehungen des Weichbastes zu den wachsenden Teilen erklären sich mehrere sehr beachtenswerte Erscheinungen, von welchen zwei hier kurz besprochen sein mögen. Zunächst die auffallende Förderung des Wachstumes an beschränkter Stelle, welche von seiten der Gärtner durch das sogenannte Ringeln veranlaßt wird. Führt man um den wachsenden Zweig eines Baumes zwei parallele, ringförmige Schnitte durch die ganze Rinde bis zum Holzkörper, und löst man das zwischen diesen beiden Schnitten liegende ringförmige Rindenstück mitsamt dem Weichbaste ab, so wird dadurch der von dem obern Teile gegen die Basis des Zweiges im Weichbaste verlaufende Saftstrom unterbrochen. Die Schnittränder an der Ringelungsstelle vertrocknen; dadurch wird dort die Bahn in dem Weichbaste abgeschlossen, und der unterhalb des ausgeschnittenen ringförmigen Rindenstückes liegende Teil des Zweiges kann durch Vermittelung des Weichbastes nicht mehr die zu seinem weitern Wachstume notwendigen Stoffe erhalten. Dasselbe wird erreicht, wenn man an den belaubten jungen Zweig eines Baumes an bestimmter Stelle, etwa in der Mittelhöhe desselben, eine Schlinge legt und diese fest anzieht. Dadurch werden alle weichen Gewebe, die außerhalb des Holzes liegen, also auch der Weichbast, eingeschnürt, die Siebröhren und die Zellenzüge des Bastparenchyms werden förmlich

unterbunden und in ihnen durch die Drosselschlinge die Fortleitung der Säfte gegen die Basis unmöglich gemacht. Das Aufwärtsströmen des Wassers und der gelösten Nährsalze in dem tiefer liegenden festen Holze wird dagegen in beiden Fällen nicht verhindert; die grünen Laubblätter oberhalb des ringförmigen Ausschnittes oder oberhalb der Drosselschlinge können Kohlensäure zersetzen und organische Stoffe bilden; diese Erzeugnisse werden auch abgeleitet, die Eiweißstoffe kommen in den Weichbast, gelangen aber nur bis zu der Stelle, wo man den Ausschnitt gemacht oder die Drosselschlinge angelegt hat. Diese Stelle können sie nicht mehr passieren, es findet daher ein Aufstauen der plastischen Eiweißstoffe oberhalb der Ringelungs- oder Drosselungsstelle statt, und dieses hat dort wieder ein besonders üppiges Wachstum aller Teile zur Folge. Früchte, welche im Stauungsgebiete des betreffenden Zweiges auswachsen, vergrößern sich mitunter ganz außerordentlich und werden fast doppelt so schwer, als wenn man die Ringelung nicht vorgenommen hätte.

Auch folgende Erscheinung findet aus der Thatsache, daß die Leitung der plastischen Eiweißstoffe im Weichbaste erfolgt, ihre Erklärung. Schneidet man einen Weidenzweig, z. B. von Salix purpurea, ab, entfernt man vom untern Drittel dieses Zweiges die ganze Rinde bis auf das Holz, und steckt man den so behandelten Zweig bis zur Hälfte in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, so treibt derselbe in kurzer Zeit Wurzeln in das Wasser hinein. Diese sind aber sehr verschieden, je nachdem sie an dem untersten entrindeten Teile des Zweiges oder höher oben von jener Stelle entspringen, wo man die Rinde stehen gelassen hat. Die am entrindeten Teile sich ausbildenden Wurzeln sind spärlich und bleiben sehr kurz, die weiter oben an dem berindeten und sich verdickenden Teile des Weidenzweiges entspringenden Wurzeln sind dagegen sehr reichlich und verlängert, weil sich eben auch hier wieder über der Stelle, wo die Rinde und mit dieser der Weichbast entfernt wurde, die plastischen Säfte ansammeln und aufstauen.

Der eine wie der andre der eben geschilderten Versuche hat nur dann das erwähnte Resultat aufzuweisen, wenn man zu demselben Pflanzen wählt, deren sämtliche Weichbastbündel außerhalb des Kambiumringes liegen, da nur in diesem Falle durch die angegebenen Ringelungsmethoden eine Unterbrechung des Saftstromes stattfindet. Experimentiert man mit Pflanzen, welche neben diesem ziemlich oberflächlich verlaufenden Weichbaste auch noch innere Weichbastbündel enthalten, wie das bei Tecoma, Thunbergia und vielen andern der Fall ist (s. S. 445), so hat das Ringeln nicht den beschriebenen Erfolg, weil dort die von dem festen Holze geschützten innern Weichbastbündel durch das Messer nicht durchschnitten und durch die Drosselschlinge nicht unterbunden werden können. Es darf übrigens nicht verschwiegen werden, daß auch an den Holzpflanzen, deren sämtlicher Weichbast außerhalb des Kambiumringes liegt, der Erfolg nur auf das eine Jahr, in welchem die Ringelung oder Drosselung vorgenommen wurde, beschränkt ist; infolge mangelnder Zufuhr eiweißartiger Stoffe durch den Weichbast zu dem unterhalb des Ausschnittes oder der Drosselschlinge liegenden Teile des Zweiges wird dieser krank, die Rinde desselben vertrocknet und stirbt ab, und das Mißverhältnis zwischen den unterhalb und oberhalb des Ringausschnittes oder der unterbindenden Schlinge liegenden beiden Teilen führt in den folgenden Jahren gewöhnlich ein Absterben des ganzen Zweiges, mit welchem der Versuch angestellt wurde, herbei.

In den röhrenförmigen Leitungsvorrichtungen, zumal in den durch Zwerchwände gar nicht unterbrochenen Milchröhren, aber auch in den Siebröhren, in welche stellenweise durchlöcherte Querwände eingeschaltet sind, kann ein Massentransport der Stoffe stattfinden, während in jenen Leitungsapparaten, die aus Zellenzügen bestehen und zwar aus Zellenzügen, deren Glieder nicht sonderlich gestreckt und gewöhnlich nur zwei- bis viermal so lang als breit sind, ein solcher Massentransport unmöglich ist. In diesen Zellenzügen sind ja die zahlreichen nicht durchlöcherten Scheidewände der aneinander stoßenden Zellkammern

eingeschaltet, und diese müssen von den wandernden Stoffen passiert werden. Mag man sich dieses Passieren durch die Scheidewände als eine Diosmose oder als eine Filtration vorstellen, so viel ist gewiß, daß geformte feste Körper durch die Wände nicht durchkommen. Selbst Stärkekörnchen von dem winzigsten Durchmesser sind noch immer viel größer als die Durchlässe, welche wir uns in jeder Zellwand zwischen den Molekülgruppen vorhanden denken, und daraus ergibt sich, daß selbst die kleinsten geformten noch sichtbaren Körper immer in der einen von zwei benachbarten Zellkammern, beziehentlich auf der einen Seite der trennenden Scheidewand wie auf einem Filter zurückbleiben müßten. Durch solche Zellenzüge, wie sie der Stoffleitung im Parenchym des Weichbastes und in jenem der Gefäßbündelscheiden dienen, können daher nur flüssige Stoffe wandern. Wenn geformte Stoffe diese Bahnen einschlagen, so müssen sie früher in lösliche Form gebracht werden. Das gilt insbesondere für die Stärkekörner, welche im Leben der Pflanze eine so wichtige Rolle spielen und nicht nur bei der Bildung der Cellulose, der Chlorophyllkörper und der Fette beteiligt sind, sondern auch als der zur längern Aufbewahrung passendste Stoff in den Vorratskammern der Pflanze während der Sommerdürre oder über Winter zum Verbrauche in der nächsten Vegetationsperiode aufgespeichert und auch den von der Mutterpflanze sich ablösenden Samen, welche sich eine selbständige Existenz gründen sollen, als erste Wegzehrung mit auf die Reise gegeben werden. Wenn Stärkekörnchen durch die Zellenzüge der Gefäßbündelscheiden, welche aus Hunderten einzelner reihenweise aneinander schließender Zellen gebildet werden, wandern sollen, so müssen sie hundertmal verflüssigt und hundertmal wieder geformt werden. Es ist auf das bestimmteste nachgewiesen, daß solche Wanderstärke nicht etwa nur am Beginne ihrer Wanderung verflüssigt und erst dann, wenn die verflüssigte Masse am Ziele angelangt ist und es die Umstände erheischen, zu festen Körnern geformt wird, sondern daß, wie gesagt, in jedem der aufeinander folgenden Glieder eines Zellenzuges immer von neuem eine Verflüssigung und nach erfolgtem Durchgange durch die Scheidewand immer wieder eine Formung stattfindet. Das ist ein sehr mühsamer und langwieriger Vorgang, und es drängt sich bei dem Überblicke dieser Stoffwanderungen unwillkürlich die Frage auf, warum diese zahlreichen Zwischenwände in den Zellenzügen nicht beseitigt werden. Die röhrenförmigen Gefäße sind doch auch aus Zellenzügen hervorgegangen und zwar in der Weise, daß die trennenden Scheidewände aufgelöst wurden; warum werden gerade hier die zahlreichen Zwerchwände erhalten und dadurch die Wanderung der Stoffe kompliziert und verlangsamt? Bei der Allgemeinheit und Regelmäßigkeit des Vorkommens dieser die freie Strombahn unterbrechenden Querwände muß vorausgesetzt werden, daß sie für die Pflanze in irgend einer Art von Vorteil sind. Man könnte zunächst daran denken, daß durch diese Wände die Bahn ausgesteift, daß die zarten Wandungen der in der Strombahn liegenden Zellen vor dem Zusammenfallen geschützt werden. Abgesehen aber von dem Umstande, daß auch die an der Peripherie des festen Holzkörpers in Nischen und Rinnen eingebetteten Zellen des Bastparenchyms, bei welchen ein Zusammenfallen schon infolge ihrer geschützten Lage ausgeschlossen ist, dennoch Querwände zeigen, während die nichts weniger als gut geschützten zartwandigen Milchröhren keine Querwände besitzen und dennoch nicht kollabieren, wäre eine solche zarte Wand ein schlechtes Aussteifungsmittel, und es würde die Aussteifung durch leistenförmige, ringförmige Verdickungen viel besser erreicht sein. Es wurde auch die Mutmaßung ausgesprochen, daß die in die Strombahn eingeschalteten Querwände insofern von Bedeutung sein könnten, als durch sie eine allzu starke Anhäufung geformter Körper an gewissen Stellen der Bahn unmöglich gemacht wird. Dort, wo die Zellen eines Zellenzuges senkrecht übereinander stehen, wie z. B. in aufrechten Stengeln, fand man, daß die kleinen Stärkekörnchen in den einzelnen Zellen zu Boden sinken und der untern Querwand

auflagern. Würden nun die sämtlichen geformten Körperchen, welche der Saft einer langen, vertikal gestellten Röhre enthält, zu Boden sinken, so könnte allerdings eine förmliche Embolie entstehen, welche nichts weniger als vorteilhaft wäre. Das Wahrscheinlichste aber ist, daß die Bedeutung der Scheidewände in der durch sie veranlaßten Stoffwandlung liegt. Es kann mit Sicherheit angenommen werden, daß jene Stoffe, welche nicht nur die aus Cellulose bestehende Querwand, sondern auch den aus Protoplasma bestehenden Wandbeleg der Zellkammern passieren müssen, bei dieser Gelegenheit durch den Einfluß des lebendigen Protoplasmas eine Veränderung erfahren, daß die Lagerung der Atome eine andre wird, oder daß neue Atome in die Verbindung eintreten, andre ausgeschieden werden, kurz Umlagerungen und Umsetzungen stattfinden, welche zur Folge haben, daß die geleiteten Stoffe an ihrem Ziele, in der passendsten Weise zubereitet, anlangen. Damit aber kommen wir nochmals auf den schon früher hingestellten wichtigen Satz zurück, daß diese *Zellenreihen nicht nur die Bedeutung einer Bahn haben*, auf welcher die an der Ausgangsstation gebildeten Stoffe unverändert zur Endstation geliefert werden, sondern daß *sie zugleich Stätten fortwährender Verwandlung und Zubereitung der Stoffe* für den Bedarf an der Endstation sind.

Bedeutung des Anthokyans für die Wanderung und Wandlung der Stoffe. Herbstliche Verfärbung des Laubes.

Mit den im vorhergehenden mitgeteilten Ergebnissen der Untersuchungen über Ab- und Zuleitung steht auch im Zusammenhange, daß jene Stoffe, welche bei der Wandlung der Kohlenhydrate und Eiweißstoffe beteiligt sind, entlang dem ganzen von diesen eingehaltenen Wege und nicht nur am Anfange und am Ende der Bahn beobachtet werden. In den Zellenzügen, welche die Bahn der Wanderstärke bilden, findet sich z. B. allenthalben Diastase und, wenn diese Zellenzüge nahe der Oberfläche verlaufen, regelmäßig auch jener Farbstoff, welcher als *Anthokyan* angesprochen wird, und welchem nachfolgend eine etwas eingehendere Besprechung gewidmet sein soll.

In sehr vielen Fällen ist die Bahn der wandernden Stoffe schon für das freie Auge dadurch erkennbar, daß die betreffenden Stellen blau, violett oder rot gefärbt sind. Ob alle diese Farbentöne wirklich nur von Einem Farbstoffe, der je nach der Gegenwart oder dem Fehlen von Säuren rot, violett oder blau ist, herstammen, mag dahingestellt bleiben. In ihrer chemischen Zusammensetzung sind die Farbstoffe noch wenig bekannt, und es wäre nicht unmöglich, daß dermalen noch eine ganze Gruppe derselben unter dem Namen „Anthokyan“ zusammengefaßt wird. Für die hier in Rede stehende Frage ist das ziemlich gleichgültig, wie es für diese Frage auch gleichgültig ist, auf welche Weise Anthokyan in den Pflanzen entsteht. In dieser Beziehung sei hier nur erwähnt, daß die Angabe, wonach das Anthokyan aus den in jungen Pflanzenteilen vorhandenen Chlorophyllkörnern hervorgehen soll, nicht in allen Fällen richtig sein kann, weil dieser Farbstoff gerade in den *ganz chlorophyllfreien Schmarotzern*, in den Balanophoreen, Rafflesiaceen und Hydnoreen, in der Schuppenwurz, dem Dingel, Ohnblatte und zahlreichen andern des Grüns entbehrenden Gewächsen regelmäßig vorkommt. In grün belaubten Pflanzen trifft man das Anthokyan besonders häufig an denjenigen Stellen, welche arm an Chlorophyll sind oder des Chlorophylls von Anfang an entbehren, *in Blüten und Früchten, entlang den Rippen der Laubblätter und vorzüglich in den Blattstielen und krautigen Stengeln*. An Hunderten den verschiedensten Familien angehörender Arten sind die Blattadern und Blattrippen, die Blattstiele und Blattscheiden violett, rot oder bläulich gefärbt, und es erstreckt sich diese Färbung gerade so weit, als die darunterliegenden Gefäßbündelscheiden reichen.

Ob das Anthokyan auf die in den angegebenen Bahnen wandernden Stoffe eine photochemische Wirkung ausübt, oder ob ihm nur insofern eine Bedeutung zukommt, als es Lichtstrahlen zurückhält, welche die auf der Wanderung begriffenen Stoffe zerstören würden, ist schwer zu sagen. Für die letztere Auffassung spricht der Umstand, daß sich das Anthokyan längs den dem Lichte ausgesetzten Bahnen viel reichlicher einstellt als an den beschatteten, und daß in den beschatteten Teilen dieselben Wandlungen und Wanderungen der Stoffe stattfinden wie in jenen, welche dem grellen Lichte ausgesetzt sind, wenn die oberflächlichen, direkt von den Lichtstrahlen getroffenen Zellen durch Anthokyan gefärbt sind und dadurch die darunterliegenden Bahnen der wandernden Stoffe gewissermaßen beschattet werden. Auch ist es auffallend, daß Pflanzenteile, welche mit Haaren ganz dicht bekleidet sind, kaum jemals Anthokyan entwickeln. Das alles läßt darauf schließen, daß Anthokyan, wenn es an den Stellen erscheint, welche unmittelbar von den Lichtstrahlen getroffen werden, vorzüglich als Schattendecke, beziehentlich als Schutzmittel gegen zerstörende Lichtstrahlen wirksam ist.

Es mag hier auch noch einer andern sehr auffallenden Erscheinung gedacht werden. Wenn man die ganz chlorophyllfreien, mit schuppenförmigen Niederblättern besetzten Rhizome der Zahnwurzarten, z. B. der **Dentaria bulbifera**, aus der dunkeln Walderde ausgräbt, so erscheinen sie schön weiß, wie aus Elfenbein gedrechselt. Legt man sie auf den Boden eines Glasgefäßes, übergießt sie mit Wasser und stellt das Gefäß so in die Sonne, daß die Rhizome von den Lichtstrahlen getroffen werden, so erhalten die weißen Schuppen in kürzester Zeit einen Anhauch von Violett, und in wenigen Tagen sind die ganzen beschuppten Rhizome tief violett gefärbt. Ähnlich verhalten sich auch die Rhizome mehrerer Arten von Schaumkraut, Veilchen, Schuppenwurz &c.; nur braucht es da etwas länger, bis die violette Färbung hervortritt. Die aus dem Dunkel ins helle Licht gestellten Gewebekörper suchen den für gewisse Stoffe nachteiligen Einfluß des Lichtes zu paralysieren, und es ist daher das Anthokyan nicht nur als ein Schutzmittel des Chlorophylls (vgl. S. 364), sondern auch andrer chemischer Verbindungen aufzufassen. Daß demselben übrigens auch noch eine weitere wichtige Bedeutung im Leben der Pflanzen zukommt, kann erst im nächsten Abschnitte erörtert werden.

Vielfach tritt das Anthokyan nur vorübergehend auf und zwar nur dann, wenn Stoffwanderungen in großartigerm Maßstabe stattfinden. Wenn Samen keimen, deren Reservestoffe in dem rasch aufsprießenden Keimlinge geleitet werden, so namentlich in den Keimlingen, welche aus mehlreichen Samen von Knöterichen, Melden, Palmen, Gräsern &c. hervorwachsen, kommt regelmäßig auch Anthokyan zum Vorscheine, während es später wieder ganz oder teilweise verschwindet. Wenn im Frühlinge die Laubknospen unterirdischer Wurzelstöcke oder oberirdischer Zweige sich zu entwickeln beginnen und die in den knospentragenden Stammbildungen von der letzten Vegetationsperiode her deponierten Stoffe in die jungen Laubblätter der Knospen wandern, um dort bei weiterm Ausbaue verwendet zu werden, so erscheinen diese Blätter in den meisten Fällen nicht grün, sondern rotviolett oder rotbraun gefärbt. Es genügt in dieser Beziehung, auf den Götterbaum (**Ailanthus glandulosa**), Walnußbaum (**Juglans regia**), die Pistazie (**Pistacia Terebinthus**), den Perückenstrauch und Essigbaum (**Rhus Cotinus** und **Rhus typhynum**), den Judasbaum (**Cercis Siliquastrum**), die Berberideen (**Mahonia, Podophyllum, Epimedium**), die Ampelideen (**Vitis, Cissus, Ampelopsis**), den Trompetenbaum (**Catalpa syringaefolia**), den Hirschholder (**Sambucus racemosa**), den Kirschbaum (**Prunus avium**), Pfingstrosen und Strandnelken (**Paeonia** und **Statice**), Rhabarber und Ampfer (**Rheum** und **Rumex**) als allgemein bekannte Formen hinzuweisen. Später, wenn die Zuleitung abgethan ist, die Laubblätter ausgewachsen sind und selbständig zu funktionieren vermögen, tritt das Chlorophyll mit seiner grünen Farbe hervor; die Blätter werden grün, und das Anthokyan verliert sich entweder ganz, oder bleibt doch nur dort zurück, wo die Pflanze

desselben zum Schutze des Chlorophylls oder zu einem im nächsten Abschnitte zu behandelnden andern wichtigen Zwecke, nämlich der Umwandlung von Licht in Wärme, noch bedarf.

In großartigster Weise kommt es bei vielen Pflanzen wieder zur Ausbildung von Anthokyan, wenn die Laubblätter wegen beginnender Trockenheit des Bodens oder noch mehr wegen eintretender Kälte und infolgedessen behinderter Zufuhr des rohen Nahrungssaftes ihre Funktion zeitweilig einzustellen bemüßigt sind. Um diese Anthokyanbildung und alles, was damit zusammenhängt, schildern zu können, ist es notwendig, etwas auszuholen und hier vorerst die Stoffwanderungen und Stoffwandlungen, welche mit der Einstellung der Thätigkeit in den grünen Laubblättern am Schlusse der Vegetationsperiode verbunden sind, zu besprechen. Dieselben sind wesentlich verschieden, je nachdem die Laubblätter eines Pflanzenstockes nur durch eine oder durch zwei oder mehrere Vegetationsperioden funktionieren, also je nachdem die Blätter nur sommergrün, beziehentlich einjährig oder immergrün, beziehentlich zwei- bis mehrjährig sind. Die immergrünen Laubblätter sind in allen jenen Gebieten, deren klimatische Verhältnisse einen zeitweiligen Stillstand der Lebensthätigkeit bedingen, so eingerichtet, daß sie die Trocken- oder Frostperiode eines oder selbst mehrerer Jahre ohne Nachteil zu überdauern vermögen. Bevor sie an Orten mit ausgesprochener Sommerdürre den Sommerschlaf und in den Gegenden mit kaltem Winter den Winterschlaf antreten, finden in ihren Zellen Veränderungen statt, die der Hauptsache nach auf Abnahme des Wassergehaltes und Bildung von Stoffen, welche unter dem Einflusse des Frostes und der Trockenheit nicht verändert werden, hinauslaufen. In Gegenden, wo Winterschlaf eintritt, nehmen die Chlorophyllkörper eine gelblichbraune oder braunrote Färbung an und ballen sich in größere oder kleinere Klumpen, welche sich von der Oberfläche des betreffenden Blattes möglichst weit zurückziehen, in den Palissadenzellen gleichsam bis zum Boden derselben hinabwandern und die untern Enden derselben ausfüllen. Äußerlich treten diese Veränderungen an den für die winterliche Ruheperiode sich vorbereitenden mehrjährigen Laubblättern nur wenig hervor; das einzige, was auffällt, ist, daß die im Sommer lebhaft grünen Blätter nur ein düsteres Grün zeigen oder einen Stich ins Braune oder Gelbe bekommen, welche Farbenwandlung am auffallendsten bei **Thuja**, **Cryptomeria**, **Sequoia**, **Chamaecyparis**, **Libocedrus** und überhaupt bei den meisten immergrünen Nadelhölzern zur Beobachtung kommt.

Viel tiefgreifender und augenfälliger sind die Wandlungen, welche sich vor Eintritt der Sommerdürre oder Winterkälte in den einjährigen Laubblättern vollziehen. Diese Laubblätter sind nicht danach angethan, der Dürre oder dem Froste trotzen zu können, und werden daher, wenn die trockne Zeit oder die Winterkälte beginnt, abgeworfen. Es würde aber durchaus nicht in der Ökonomie der Pflanzen liegen, wenn der Laubfall, der auf S. 329 ausführlicher besprochen wurde, so ohne weiteres vor sich gehen sollte, und wenn alle die Stoffe in dem Gewebe der Laubblätter, deren Herstellung doch ein gutes Stück Arbeit war, verloren sein sollten. In der That ist einem solchen Verluste sorglich vorgebeugt. Ehe noch die Laubblätter sich ablösen, werden die Kohlenhydrate und Eiweißstoffe, überhaupt alles, was für die Pflanze noch Wert hat, aus den Laubblattflächen in die holzigen Zweige oder in die unterirdischen Wurzelstöcke geleitet und dort an Stellen deponiert, wo sie einen gesicherten Ruheplatz finden und die Dürre des Sommers oder die Kälte des Winters unbeschädet überdauern können. Auf diese Weise erleidet der betreffende Pflanzenstock die geringste Einbuße an den von ihm in der abgelaufenen Vegetationsperiode erzeugten Stoffen; denn die Blätter, aus welchen alles, was für die Pflanze noch wertvoll war, in die Stammbildungen übertragen wurde, bilden dann nichts weiter als ein totes Gerüste und enthalten in ihren Zellkammern nur noch kleine, gelbe Körnchen sowie Kristalle und Kristallgruppen von oxalsaurem Kalke, die ohnedies nicht weiter verwendet und verwertet werden können

(s. Abbildung auf S. 426, Fig. 1). Die gelben, glänzenden Körnchen, welche man in den Zellkammern der abfallenden Blätter findet, und welche die **Gelbfärbung des Herbstlaubes** veranlassen, sind als die letzten nicht weiter brauchbaren Reste der umgewandelten und dann ausgewanderten Chlorophyllkörper anzusehen, und die Kristalle aus oxalsaurem Kalke sind seiner Zeit bei der Bildung der Eiweißstoffe durch Zersetzung des salpetersauren und schwefelsauren Kalkes entstanden. Die einen wie die andern können geopfert werden. Ja, es ist eigentlich gar kein Opfer, wenn auf diese Gebilde verzichtet wird, da sie nur überflüssiger Ballast sind, der unter Umständen die Pflanze in ihrer nächstjährigen Thätigkeit sogar behindern könnte, und dessen sie sich daher am zweckmäßigsten rechtzeitig entledigt. Man kann insofern den **Laubfall auch als eine Ausscheidung überflüssig gewordener Stoffe auffassen, die sich bei den sommergrünen Pflanzen alljährlich nur einmal, aber dann in großem Maßstabe vollzieht.** Zu dem Vorteile, welchen diese Massenausscheidung der bei der Stoffwandlung gebildeten Abfälle den einzelnen Pflanzenstöcken bietet, kommt noch, daß das abgefallene Laub mit seinem Reichtume an Kalk auf den Boden gelangt, dort verwest, zur Bildung von Humus, der salpetersauren Kalk enthält, beiträgt und so noch für die gesamte Pflanzenwelt nutzbar gemacht wird, worüber schon bei früherer Gelegenheit eingehender gesprochen wurde (vgl. S. 238).

Was nun die **vor dem Laubfalle stattfindende Auswanderung der noch verwendbaren Stoffe aus den Laubblattflächen in die Vorratskammern im Innern der Zweige und Wurzelstöcke** anlangt, so muß sich diese in der Regel ziemlich rasch vollziehen, am schnellsten jedenfalls dort, wo die Vegetationszeit, in welcher die Laubblätter thätig sein können, eine kurze ist, wo die Blätter die günstige Zeit bis zur Neige auszunutzen angewiesen sind, und wo der Wechsel der Jahreszeiten fast unvermittelt eintritt. Der Weg, welchen die aus den Laubblattflächen in die Vorratskammern der Stengelgebilde übersiedelnden Stoffe einschlagen, ist im allgemeinen derselbe, welcher bei der Ableitung der in den grünen Zellen erzeugten Kohlenhydrate sowie der in den Blättern erzeugten Eiweißstoffe festgehalten wird. Auch die Hilfsstoffe, durch welche die abzuleitenden Kohlenhydrate und Eiweißstoffe zur Übersiedelung vorbereitet werden, dürften bei jeder Art dieselben sein. So wie aber schon zur Zeit der lebhaftesten Thätigkeit in den Laubblättern in der einen Art diese, in der andern Art jene Hilfsstoffe ausgebildet werden, ebenso entstehen auch bei der großen Auswanderung der Stoffe am Schlusse der Vegetationszeit in den verschiedenen Arten wieder verschiedene Hilfsstoffe, verschiedene Förderungsmittel und verschiedene Schutzmittel. In vielen Fällen sind die Hilfsstoffe farblos und treten dann, selbst für den Fall, daß sie in großer Menge ausgebildet sein sollten, für unser Auge nicht erkennbar hervor. Man sieht dann nur, daß die Blätter infolge der Umsetzung, welche auch die Chlorophyllkörper zum Behufe der Auswanderung erfahren, ihr frisches Grün verlieren, und daß an Stelle der grünen Farbe ein gelber Farbenton zum Vorscheine kommt, welcher durch die nach Auswanderung der Chlorophyllkörper zurückbleibenden, schon erwähnten gelben Körnchen bedingt wird. In manchen Blättern ist die Menge dieser gelben Körnchen eine so geringe, daß auch der gelbe Farbenton kaum hervortritt, und solche Blätter erscheinen schmutzig gelblichweiß, vertrocknen sehr rasch und werden dann braun bis schwarz.

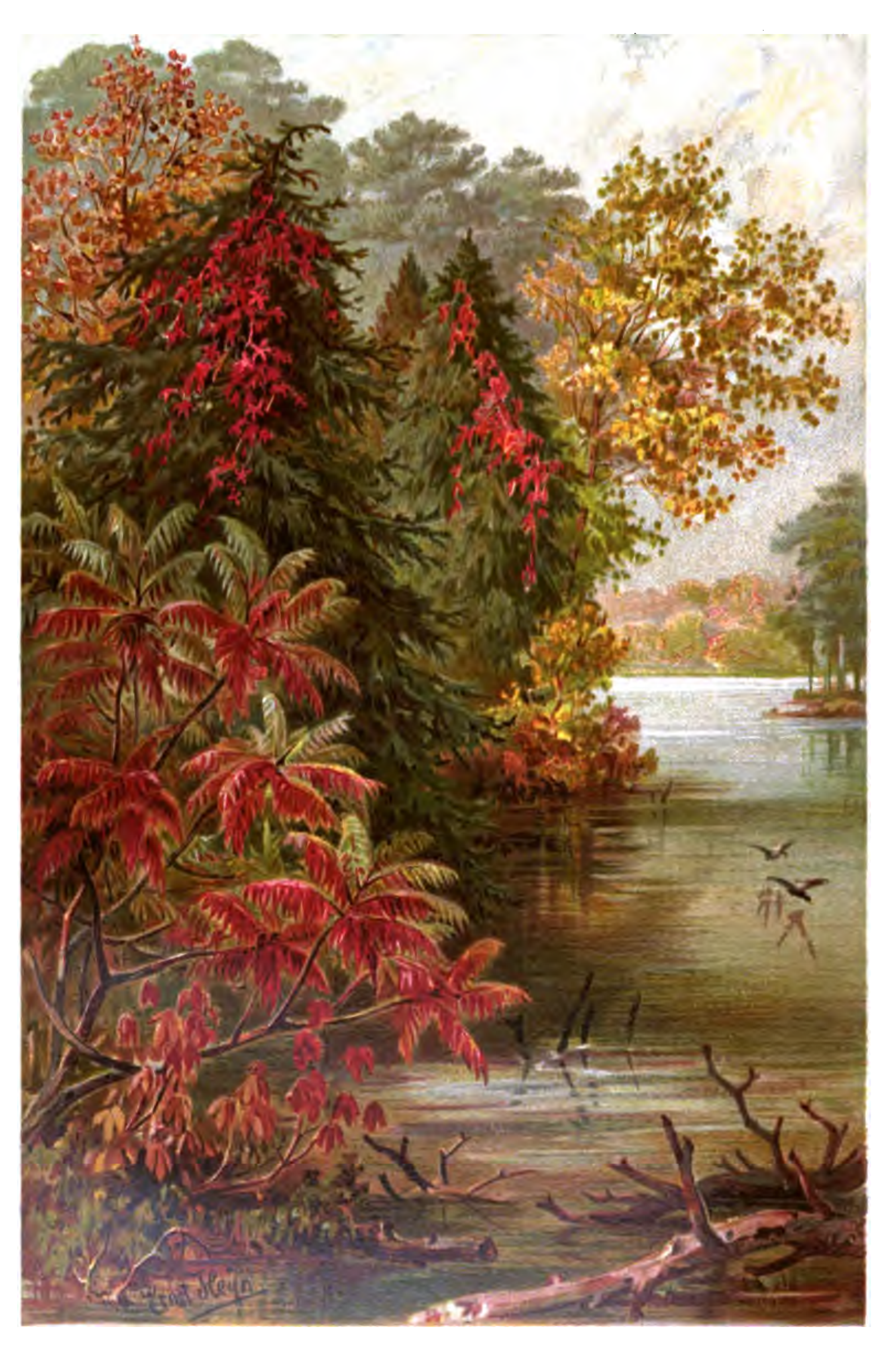
In zahlreichen Pflanzen wird aber bei der Auswanderung der Kohlenhydrate und eiweißartigen Verbindungen **Anthokyan** erzeugt und zwar in so großer Menge, daß es schon äußerlich deutlich sichtbar ist. Dasselbe erscheint in dem Zellsafte bei Gegenwart von Säuren, welche sich in den herbstlichen Blättern als Hilfsstoffe bei der Stoffwanderung sehr regelmäßig einstellen, rot, bei Abwesenheit der Säuren blau und, wenn die Menge der freien Säuren eine sehr geringe ist, violett. Finden sich neben dem angesäuerten roten Anthokyan auch reichlich gelbe Körnchen, so erhält das betreffende Blatt eine orange Farbe. So wandelt

sich die grüne Farbe des Laubes zur Zeit der großen herbstlichen Stoffauswanderun in Gelb, bald in Braun, bald in Rot, Violett und Orange, und es entsteht dab dieser Zeit ein Farbenspiel, das desto mannigfaltiger ist, je zahlreicher die Pflanzenarte welche an einem Orte in geselligem Verbande zusammen vorkommen. Sind die Blätt mit Seiden- oder Wollhaaren bekleidet, oder sind sie filzig oder schülferig, so komm ihnen kaum jemals zur Entwickelung von Anthokyan; aber wenn sich das grüne G solcher Blätter auch verfärbt, so tritt die neue Farbe sowenig wie früher das Grü vor, weil das Haarkleid über die gefärbten Zellen gebreitet ist. Solche dicht filzige, oder schülferige Blätter bleiben daher grau oder weiß, auch zur Zeit, wenn sie vo Zweigen fallen. Wenn derlei Pflanzen unter andern kahlen wachsen, so wird dann die grauen und weißen Farbentöne ihres Laubes die Buntheit des ganzen Bestandes wesentlich erhöht. Am farbenreichsten aber gestaltet sich der Bestand, wenn demselben noch Gewächse mit immergrünen Blättern eingesprengt sind; es kann dann dazu kom daß Flur und Wald auf verhältnismäßig beschränktem Raume mit allen Farben des R bogens in der mannigfaltigsten Abwechselung geschmückt erscheinen.

Die Farbenpracht, welche tropische Wälder zeigen, und welche man sich meistens großartiger vorstellt, als sie in Wirklichkeit ist, hält gar keinen Vergleich aus mit je welche sich in der nördlich gemäßigten Zone im Herbste entfaltet. Die aus Nadelhöl und Laubhölzern gemischten Waldbestände an den Bergabhängen längs des Rheines und Donau in Europa und die Ufergelände der Kanadischen Seen in Nordamerika bieten d ein Schauspiel von entzückender Schönheit. Die Höhen längs des Mittellaufes der Don also beispielsweise der Abschnitt, welcher unter dem Namen Wachau bekannt ist, trägt we ausgedehnte Waldbestände, an deren Zusammensetzung Buchen, Hainbuchen, Steineich Feld- und Spitzahorne, Birken, wilde Kirschbäume und Birnbäume, Vogelbeer- und Atl beerbäume, Espen, Linden, Kiefern, Fichten und Tannen in reichster Abwechselung beteiligen. Als Unterholz und am Saume der Waldbestände erheben sich noch Gebüsche v Sauerdorn (Berberis vulgaris), Hartriegel (Cornus sanguinea), Kornelkirsche (Corn mas), Spindelbaum (Evonymus Europaeus und verrucosus), Zwergweichsel (Prun Chamaecerasus), Schlehdorn (Prunus spinosa), Wachholder (Juniperus communis) u noch viel andres niederes Strauchwerk. Die Berglehnen, welche gegen den Thalboden sich senken, sind mit Weinreben bepflanzt, und in den Weinbergen finden sich Pfirsich- und Ap kosenbäumchen in großer Zahl gezogen. In den Auen am Strande und auf den Inseln d Donaustromes erheben sich mächtige Silberpappeln und Schwarzpappeln, Rüstern, Weide Erlen und auch eingesprengt sehr häufig Bäume der Ahlkirsche (Prunus Padus). Geg Mitte des Oktobers werden dort die Nächte schon bitterkalt, feuchte Nebel wallen über de Strome, und Reif bedeckt die grasigen Plätze der Thalsohle. Tagüber aber herrscht n milde Wärme, die Morgennebel sind unter den Strahlen der Sonne zerronnen, ein wolke loser Himmel spannt sich über die Landschaft, und laue Lüfte, in welchen die weißen Fäd der Wanderspinnen schweben, ziehen von Osten her durch das Stromthal. Die ersten Rei sind das Signal für den Beginn der Weinlese; auf dem mit Reben bepflanzten Gelän wird es lebendig, und der Ruf des Winzers schallt von Hügel zu Hügel. Sie sind ab auch das Signal für die Verfärbung der Waldbestände auf den Berghöhen und in de Auen. Welcher Reichtum der Farben ist da entfaltet! Die Kronen der Kiefern bläuli grün, die schlanken Wipfel der Fichten schwarzgrün, das Laub der Hainbuchen, Ahorne u weißstämmigen Birken hellgelb, die Eichen bräunlichgelb, die mit Buchen bestockten breit Waldstreifen in allen Abstufungen von Gelbrot zu Braunrot, die Kirsch- und Vogelbee bäume, die Zwergweichsel und die Sträucher des Sauerdornes scharlachrot, die Ahlkirsche und Atlasbeerbäume purpurn, der Hartriegel und Spindelbaum violett, die Espen orang

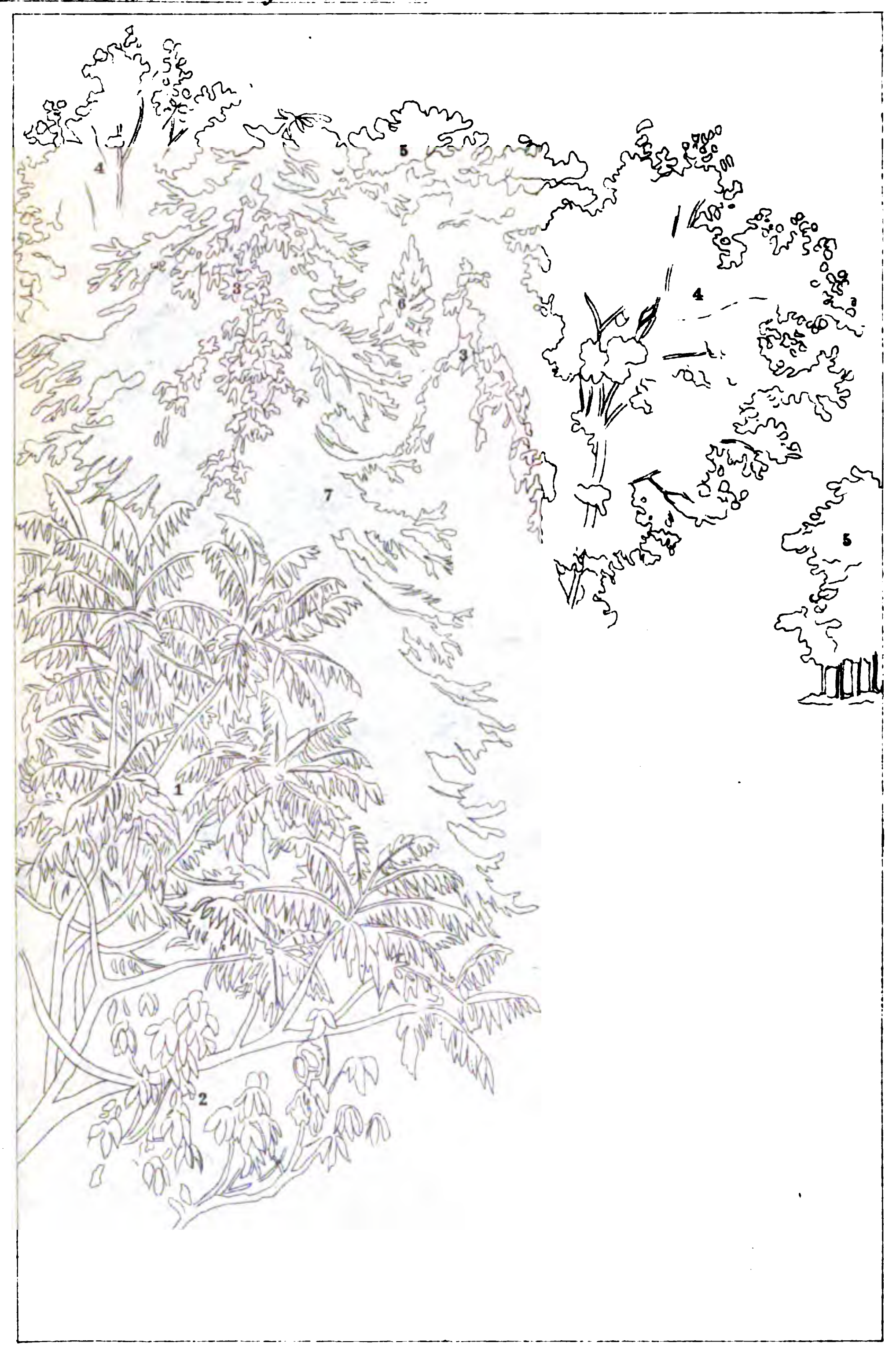
ffauswander
entsteht da
e Pflanzenart
Sind die Blätt
rig, so kan
das grüne G
über das Gr
dicht filzige,
, wenn sie an
so wird dann
nzen Bestande
wenn demselb
dann dazu
Farben des

sich meiste
ch aus mit
aus Nadel
Rheines
rika bieten
aufes der
t ist, trägt
en, Stein
eer- und
bwechselun
h Gebüsch
kirsche (C
ichsel (Pr
ommunis)
lboden
ich- und
en Inseln
tern,
lus).
len über
herrscht
, ein
eißen
ersten
ten Geb
ie sind
und in
n bläul
horne
ten breit
Vogelbeer
strische
orange



HERBSTLICHE LAUBFÄRBUNG AM ERIE-SEE.

[Zur Tafel: »*Herbstliche Laubfärbung am Erie-See*«.]



1. *Rhus typhina.*
2. *Rhus Toxicodendron.*
3. *Ampelopsis quinquefolia.*
4. *Liriodendron tulipifera.*
5. *Pinus Strobus.*
6. *Thuja occidentalis.*
7. *Tsuga Canadensis.*

die Silberpappel und die Silberweiden weiß und grau, die Erlen trübe braungrün. Und alle diese Farben sind in der mannigfaltigsten und anmutigsten Weise verteilt, hier erscheinen dunklere Flächen, von hellen, breiten Bändern und schmalen, gewundenen Streifen durchzogen, dort ist der Waldbestand gleichmäßig gesprenkelt, dort wieder leuchtet auf grünem Grunde die Feuergarbe eines einzelnen Kirschbaumes oder die Krone einer in den Föhrenbestand eingesprengten einzelnen goldgelb schimmernden Birke auf. Diese Farbenpracht dauert freilich nur kurze Zeit. Ende Oktober stellen sich die ersten Fröste ein, und wenn dann der Nordwind über die Berghöhen braust, wird all das rote, violette, gelbe und braune Laub von den Zweigen geschüttelt, im bunten Wirbel über den Boden hingetrieben und längs der Hecken und Windfänge zusammengeweht. Nach wenigen Tagen erhält die den Boden bedeckende Laubschicht einen einförmigen braunen Farbenton, und wieder nach einigen Tagen ist sie unter der Schneedecke des Winters begraben.

Bei weitem länger als in dem mitteleuropäischen Waldlandschaften dauert die herbstliche Verfärbung des Laubes in jenem Teile des nordamerikanischen Waldgebietes, dessen Vegetation mit der eben geschilderten der Alten Welt die größte Analogie besitzt, das ist in dem Gebiete des Lorenzstromes und von den Kanadischen Seen bis hinab zu beiden Seiten des Alleghanygebirges nach Virginia und Kentucky. Auch dort ist immergrünes Nadelholz mit sommergrünem Laubholze gemischt, und auch dort macht reiches Unterholz in den Waldbeständen sich breit. Zum Teile sind es auch ganz ähnliche Arten, welche die Gehölze zusammensetzen, Kiefern und Tannen, Buchen und Hainbuchen, Eichen, Eschen, Linden, Birken, Erlen, Pappeln, Ahorne, Ulmen, Weißdorn, Schneeball und Hartriegel; der Reichtum an Formen ist aber dort noch bei weitem größer als in Mitteleuropa. In den Landschaften am Ufer des Eriesees, von welchen die hier beigeheftete Tafel „Herbstliche Laubfärbung am Eriesee" ein anschauliches Bild gibt, gesellen sich zu den aufgezählten Gehölzen auch noch der Giftsumach und Essigbaum, der Tulpenbaum, die westliche Platane, mehrere Walnußbäume, Robinien, Gymnocladus, Liquidambar und insbesondere auch einige Ampelideen, welch letztere als Lianen in die höchsten Baumwipfel emporklettern. Diese größere Mannigfaltigkeit der Arten veranlaßt im Herbste ein noch reicheres Farbenspiel als in den mitteleuropäischen Landschaften. Das Verfärben des sommergrünen Laubes beginnt an einigen Arten immer schon Anfang September und erstreckt sich über einen ganzen Monat, ja selbst darüber, da das Abfallen der letzten Blätter gewöhnlich erst gegen die Mitte des Oktobers stattfindet. Die amerikanische Buche (Fagus ferruginea) verfärbt sich in ganz ähnlicher Weise wie die europäische, auch die amerikanischen Birken (Betula nigra und B. papyracea) zeigen dasselbe Goldgelb in ihren herbstlichen Laubblättern wie die europäischen Schwesterarten; aber die Eichen, die im Süden der Kanadischen Seen in einer außerordentlichen Mannigfaltigkeit von Arten gedeihen, zeigen in ihrem herbstlichen Laube alle Tinten von Gelb durch Orange zu Rotbraun; der rote Ahorn (Acer rubrum) hüllt sich in tiefes Rot, der Tulpenbaum zeigt das hellste Gelb, die großdornigen Weißdorngebüsche, der Schneeball (Viburnum Lantago) und der Giftsumach (Rhus Toxicodendron) werden violett, der Essigbaum (Rhus typhynum) und die in dem Gezweige der Bäume emporklimmenden wilden Reben (Vitis und Ampelopsis) kleiden sich in brennenden Scharlach. In dieses bunte Gemenge von grellen Farben mengen sich die kanadische Tanne mit ihrem tiefen dunkeln Grün und die Weimutskiefer mit dem matten Bläulichgrün ihrer Nadelkronen. Wo solcher Mischwald mit seinem ganzen Reichtume an Arten entwickelt ist, und wo man Gelegenheit hat, denselben im milden Lichte eines Septembertages an den Blicken langsam vorüberziehen zu sehen, wie z. B. bei einer Fahrt längs der südlichen Ufer der Kanadischen Seen, schwelgt das Auge an den wechselvollen Landschaftsbildern, die, was den Farbenreichtum anlangt, von keiner andern Waldlandschaft übertroffen werden.

Selbstverständlich beschränkt sich die herbstliche Verfärbung des sommergrünen Laubes nicht nur auf die genannten Bäume und Sträucher, sondern erstreckt sich auch auf ausdauernde niedere Stauden und Kräuter. In den Waldlandschaften treten aber nur die massigen Formen der größern Holzgewächse hervor, und nur selten bildet dort auch das niedere Gestäude einen charakteristischen Zug im herbstlichen Bilde. Anders gestaltet sich die Sache dort, wo hochstämmige Bäume vollständig fehlen, und wo gerade die aus niedern Gewächsen gebildeten Bestände die bedeutendste Rolle spielen, so namentlich im Gebiete der arktischen Flora und vornehmlich auf den Hochgebirgen, welche über die Baumgrenze weit emporragen. Unter diesen letztern aber dürfte in betreff des herbstlichen Farbenwechsels der Pflanzendecke kaum ein andres mit den mitteleuropäischen Alpen wetteifern können. Insbesondere sind es jene durch die große Mannigfaltigkeit ihrer Flora und den Reichtum an Beständen aus Ericineen ausgezeichneten Teile der Zentralalpen, in welchen Schichten von Schiefer und Kalk abwechseln oder aneinander grenzen, wo das hier geschilderte Schauspiel mit einer Pracht vorüberzieht, von welcher sich die sommerlichen Besucher und Bewunderer der Alpenwelt kaum eine annähernde Vorstellung zu machen im stande sind. Der Beginn des Schauspieles ist schwer festzustellen und ändert sich von Jahr zu Jahr je nach den gerade herrschenden Verhältnissen der Wärme und Feuchtigkeit. Wenn bereits gegen Ende August Neuschnee mehrere Tage auf den Gehängen über der Holzgrenze liegen bleibt, so tritt die Verfärbung schon um diese Zeit ein; wenn aber, was der häufigere Fall ist, erst um die Mitte des Septembers ein Wettersturz das Hochgebirge in einen weißen Schneemantel kleidet, in der zweiten Hälfte dieses Monates der Neuschnee wieder abschmilzt und sich dann wochenlang ein spiegelklarer Himmel über dem Hochgebirge wölbt, so ist auch der herbstliche Farbenwechsel um so viel länger hinausgeschoben. Unten in den Thalgründen, welche wegen des tiefern Standes der Sonne auf weite Strecken schon im Schatten liegen, bleibt der Boden ununterbrochen weiß bereift, während oben auf den südlich abdachenden Bergeshöhen mit dem ersten Sonnenblicke auch die nächtlichen Reife schwinden und tagüber milde Lüfte über die Gehänge wehen. Schneehühner sowie Schwärme der über die Alpenpässe ziehenden, hier zu kurzer Rast weilenden Wandervögel sind geschäftig, die Beeren von dem in großer Zahl die Halden überziehenden niedern Strauchwerke abzupicken; die Falter aber, welche im Sommer um die großen Alpenblumen so geschäftig waren, sind verschwunden; hier und da erheben sich noch einzelne bleiche Skabiosen und die dunkeln Ähren des spät blühenden norwegischen Ruhrkrautes, alles übrige ist aber schon in Frucht übergegangen, und der Blütenreigen ist abgeschlossen. Und dennoch machen die Gehänge jetzt den Eindruck sommerlicher Fluren, die mit ungezählten Blüten geschmückt sind. Das sommergrüne Laub der niedern Stauden und Kräuter und insbesondere der verzwergten, buschigen und teppichbildenden Sträucher, aus welchem die Auswanderung der Stoffe in die holzigen Zweige und in die unterirdischen Stengelbildungen erfolgt, gewinnt eben während dieser kurzen Zeit rote, violette und gelbe Farbentöne, welche den lebhaftesten Blütenfarben an Schmelz und Leuchtkraft nicht nachstehen. Am auffallendsten treten die sommergrünen Heidelbeergewächse und eine Art der Bärentrauben hervor. Während die Blätter der Moosbeere (Vaccinium uliginosum) einen violetten Farbenton annehmen, kleiden sich die Heidelbeeren in tiefes Rot und die Alpenbärentraube (Arctostaphylos alpina) in weithin sichtbaren Scharlach. Die herbstlich gefärbten Blätter dieser letztern Pflanze zeigen überhaupt das schönste Rot, das an irgend einem Laubwerke im Herbste beobachtet wird, noch viel feuriger als jenes der nordamerikanischen Reben und des Essigbaumes, und wenn das Laub dieser Bärentraube auf einem Berggrate von den schief einfallenden Sonnenstrahlen durchleuchtet wird, so glaubt der tiefer unten stehende Beobachter Strontianflammen aus dem Boden hervorzüngeln zu sehen. Auch die Blätter zahlreicher nicht holziger Gewächse,

so namentlich der alpinen Geranien und des Alpenhabichtskrautes, färben sich vor dem Welken am Saume und längs der Nerven oder auch über die ganze Fläche mit Anthokyan und nehmen sich von fern wie rote, violette und scheckige Blüten aus. Die Alpenweiden dagegen, zumal die teppichbildende **Salix retusa** und das niedere Buschwerk der **Salix hastata** und **S. arbuscula** sowie auch die rotfrüchtige Zwergmispel (**Sorbus Chamaemespilus**), erscheinen golbiggelb. Die letztern besäumen insbesondere das Rinnsal der Quellbäche, und wenn man von erhöhtem Standpunkte in die Mulden und Kare hinabsieht, durch welche die Gewässer in gewundenem Laufe und unterbrochen durch kleine Kaskaden ihren Weg verfolgen, erkennt man die Weiden- und Zwergmispelgebüsche als goldige, geschlängelte Linien und Bänder, welche in die dunklere Umgebung eingezeichnet sind. Zwischen das niedere Gestrüppe der Heidelbeeren und Moosbeeren, vorzüglich aber zwischen das niederliegende Geäste der Alpenbärentraube sind allerwärts auch weiße und graue Flechten, zumal die Renntierflechte und die isländische Flechte, eingesprengt, und einzelne felsige Rücken und Grate sind so ausschließlich von diesen Gebilden überzogen, daß sie schon von fern als weiße Flecke und Streifen auf rotem, violettem und gelbem Grunde erscheinen. Das Farbenspiel in der Alpenregion wird noch dadurch wesentlich gehoben, daß es an breiten Flächen mit dunkeln Tönen nicht fehlt. Die Zahl der immergrünen Gewächse ist dort eine verhältnismäßig große, und insbesondere erhalten mehrere jener Arten, welche bestandbildend auftreten, ihr grünes Laub unter der lange dauernden winterlichen Schneedecke bis in die Vegetationsperiode des nächsten Jahres. Die Bestände aus Legföhren (**Pinus humilis, Mughus** und **Pumilio**), die Gestrüppe der Alpenrosen (**Rhododendron hirsutum** und **ferrugineum**), die Gruppen der schwarzfrüchtigen Rauschbeere (**Empetrum nigrum**) und die schimmernden Teppiche aus der immergrünen Bärentraube (**Arctostaphylos uva ursi**) bringen mit ihren dunkelgrünen Farben eine gewisse Ruhe in das bunte Gewirr. Auch die Teppiche der **Azalea procumbens**, welche sich im Herbste durch Ballung der Chlorophyllkörper in den grünen Zellen der Blätter braungrün färben, mäßigen die Buntheit des Bildes in harmonischer Weise.

Das reizende Schauspiel der Verfärbung des sommergrünen Laubes in der alpinen Region erstreckt sich in der Regel nur auf 14 Tage. Bleibt dann das Hochgebirge noch kurze Zeit schneefrei, so lösen sich alle die roten, violetten und gelben Blätter von den Zweigen und Zweiglein. Was in den Blättern an verwendbaren Stoffen noch vorhanden war, ist in dieser Zeit in die überwinternden Stammbildungen gewandert; das abgefallene Laub wird braun und geschwärzt, und bald breitet sich eine dichte, bleibende Schneelage über das Hochgebirge aus. Die Kämme, Halden und Mulden, auf welchen kurz vorher noch feuriges Rot und helles Gelb zwischen den dunkeln Legföhren und Alpenrosen aufflammte, heben sich jetzt mit blendendem Weiß vom winterlichen Himmel ab.

---

3. Treibende Kräfte bei der Wandlung und Wanderung der Stoffe.

Inhalt: Atmung. — Wärme- und Lichtentwickelung. — Gärung.

Atmung.

Eine der merkwürdigsten Erscheinungen bei der Wandlung der Stoffe in den Pflanzen ist und bleibt, daß jede Art sich selbst Muster und Vorbild ist, daß die Verbindungen, welche die verschiedenen Arten erzeugen, in den aufeinander folgenden Generationen immer die gleichen bleiben, und daß aus derselben Erde, demselben Wasser und derselben Luft,

bei der gleichen Beleuchtung und unter dem Einflusse derselben Temperatur knapp nebeneinander von verschiedenen Arten die verschiedensten organischen Verbindungen bereitet werden. Auf der Fläche eines Quadratmeters entsprießen demselben Moder des Waldgrundes der giftige Satanaspilz, der wohlschmeckende Pfifferling und der milchstrotzende Reizker, und wenn auf einem Gartenbeete mit gleichmäßig gemischter Erde Samen von Senf, Raden und Mohn (Sinapis nigra, Agrostema Githago, Papaver Rhoeas) ausgestreut wurden und die aus diesen Samen aufgekeimten Pflanzen zu derselben Zeit und auf engstem Raume nebeneinander wachsen, blühen, Früchte und Samen reifen, so zeigen ihre Samen zwar Stoffe der verschiedensten Zusammensetzung, aber doch jedes Senfkorn, jedes Radenkorn und jedes Mohnkorn genau dieselben Verbindungen, welche die ausgesäeten Samen hatten, und welche schon vor Jahrtausenden in den Samen dieser Arten enthalten waren. Es läßt sich diese Erscheinung nur so erklären, daß sich in der lebenden Pflanze stets und allerwärts Gleiches zu Gleichem gesellt, daß jedes Molekül eines bestimmten Stoffes auf die Umgebung nicht nur als Anziehungszentrum wirkt, sondern die angezogenen Atome auch nach dem eignen Vorbilde gruppiert, ähnlich wie das bei der Kristallisation mineralischer Stoffe geschieht.

Wenn in den nicht grünen Zellen eines im Dunkel der Erde liegenden keimenden Samens die Atome in der eben angedeuteten Weise angezogen, in bestimmter Weise geordnet und zu einem festen Körper verbunden werden, so wird dadurch jedenfalls das chemische Gleichgewicht an der betreffenden Stelle gestört. Waren die angezogenen und gefestigten Stoffe im Inhalte der betreffenden Zelle gelöst, so hat dort infolge ihrer Entziehung die Konzentration abgenommen und wurde jedenfalls geringer als jene der Nachbarzellen. Diese Ungleichheit kann aber nicht bestehen, und es findet daher eine Ausgleichsbewegung statt, die sich auf immer ferner liegende Zellen erstreckt, oder mit andern Worten: die Stoffe strömen zu den Stellen des Verbrauches. Wir kommen auf diesen schon einmal besprochenen Vorgang aus dem Grunde zurück, um so auf die treibenden Kräfte übergehen, welche bei der Stoffwandlung und Stoffwanderung beteiligt sind.

Der Vorgang der Vereinigung von Atomen zu einem festen Körper, wie wir ihn hier im Auge haben, beispielsweise die Bildung von Cellulose, ist eine mit Bindung freier Wärme, mit Umsetzung lebendiger Kraft in Spannkraft verbundene Arbeitsleistung. Woher aber die freie Wärme, woher die lebendige Kraft in der nicht grünen Zelle? Wenn in einer grünen Zelle Kohlensäure zersetzt wird und Zucker oder irgend ein andres Kohlenhydrat entsteht, so wird hierbei der Sonnenstrahl eingefangen und gebunden. Das ist aber in der chlorophylllosen, zumal einer im Dunkel unter der Erde arbeitenden Zelle nicht der Fall. Der Protoplast in dieser Zelle schöpft die freie Wärme und lebendige Kraft, welche er verbraucht, beziehentlich bindet, nicht unmittelbar, sondern nur auf vielfachen Umwegen aus der Sonne. Er gewinnt sie nämlich dadurch, daß ein Teil jener ihm zugeleiteten Stoffe, bei deren Synthese in oberirdischen grünen Zellen die lebendige Kraft des Sonnenstrahles in Spannkraft umgesetzt worden war, zerlegt und dabei die Spannkraft wieder in lebendige Kraft, die gebundene Wärme wieder in freie Wärme verwandelt wird. Die Stoffe, welche die grünen Zellen aus anorganischer Nahrung erzeugen, würden für die Pflanze ein aufgehäuftes, brach liegendes, totes Kapital sein, wenn sie in dem Zustande verblieben, in welchem sie gebildet wurden. Dieselben müssen verwertet, in Fluß gebracht, ausgeprägt, umgesetzt und verteilt werden, und die hierzu nötigen treibenden Kräfte werden dadurch gewonnen, daß sich in einem Teile dieser in der grünen Zelle erzeugten Stoffe ein Vorgang abspielt, der gerade das Gegenspiel von jenem ist, welcher sich bei ihrer Bildung vollzog. Damals wurde Kohlensäure gespalten, Sauerstoff ausgeschieden, ein Kohlenhydrat gebildet und dabei Wärme gebunden, jetzt werden die Kohlenhydrate zersetzt, es wird Sauerstoff aufgenommen, Kohlensäure ausgeschieden und dabei Wärme frei. Freilich darf sich dieser Zersetzungsprozeß nicht auf die

ganze Masse der von den grünen Zellen erzeugten Stoffe ausdehnen. Es wäre ja ganz widersinnig, wenn in einem Teile der Pflanze dasjenige wieder zerstört und in Luft und Wasser verwandelt würde, was in dem andern Teile aus diesen Elementen zusammengesetzt und aufgebaut wurde. Es beschränkt sich auch thatsächlich dieser Zersetzungsprozeß nur auf einen Teil der in den grünen Zellen erzeugten Stoffe, und man stellt sich den ganzen Vorgang am richtigsten so vor, daß ein Teil der in den grünen Zellen aus unorganischer Nahrung gebildeten Stoffe zum Weiterbaue des Pflanzenkörpers verwendet wird, daß aber dieses Weiterbauen nur möglich ist, wenn der andre Teil die nötigen Kräfte zum Betriebe des Baues liefert. Der eine Vorgang ist daher gerade so wichtig wie der andre, sie ergänzen sich gegenseitig, und diese Ergänzung ist einer der wichtigsten Lebensprozesse der Pflanze.

Es wurde oben gesagt, daß zur Gewinnung der nötigen Betriebskräfte der Sauerstoff einspringt, eine Zersetzung der von ihm angegriffenen Moleküle veranlaßt, wobei Kohlendioxyd entbunden wird. Dieser Vorgang ist also eine Oxydation, eine Verbrennung organischer Stoffe und ist mit jener Verbrennung von Kohlenhydraten, welche im tierischen Körper bei der Atmung stattfindet, in eine Linie zu stellen. Man bezeichnet denselben auch im Pflanzenkörper als Atmung, wenn sich hier die Atmungsorgane auch nicht so lokalisiert zeigen, wie das im tierischen Körper gewöhnlich der Fall ist. In der Pflanze können alle lebendigen Teile, zu welchen die atmosphärische Luft, beziehentlich der in ihr enthaltene Sauerstoff gelangt, atmen: die Wurzeln und Knollen, die Stengel und das Laub, die Blüten, Früchte und Samen, grüne Gewächse und chlorophyllose Schmarotzer, Pflanzen mit und ohne Spaltöffnungen, Verwesungspflanzen und Wasserpflanzen. Alle atmen, solange sie leben, und man kann bei den Pflanzen nicht weniger als bei den Tieren Atmen und Leben im Sprachgebrauche als gleichbedeutend in Anwendung bringen. Die erste Grundbedingung für die Atmung ist natürlich das Vorhandensein von freiem atmosphärischen Sauerstoffe. Wo dieser fehlt, muß die Pflanze gleich dem Tiere ersticken und muß sterben. Wenn man eine Pflanze unter den Rezipienten einer Luftpumpe stellt und die Luft auspumpt, oder wenn man sie in einen Raum bringt, der mit Wasserstoff, Stickstoff oder Leuchtgas gefüllt ist, so hört alsbald die Strömung des Protoplasmas in den Zellen auf, Laub- und Blumenblätter, wenn sie an der lebenden Pflanze Bewegungserscheinungen zeigen, werden starr, und bei längerm Verweilen in dem Luftraume, welchem der Sauerstoff fehlt, stirbt die Pflanze ab. Wenn man sie nachträglich auch wieder in sauerstoffreiche Luft bringt, so bleibt sie doch tot und läßt sich nicht mehr zum Leben erwecken.

Die von atmosphärischer Luft umspülten Teile der Gewächse leiden wohl nirgends Not an Sauerstoff; die Wurzeln kommen dagegen manchmal in eine üble Lage, wenn nämlich in der Bodenluft die Menge des Sauerstoffes recht gering ist, oder wenn atmosphärische Luft durch andre Gase ersetzt wird. Es erklärt sich hieraus, warum in der sogenannten toten Erde keine Pflanzen aufkommen, und daß die Wurzeln ganz vorzüglich jene lockern Stellen der obern Erdschichten, welche porös und gut durchlüftet sind, aufsuchen, der tiefern, schlecht durchlüfteten toten Erde dagegen ausweichen. Auch das Absterben von Bäumen, welche in Städten und Parkanlagen in der Nähe von Leuchtgasleitungen gepflanzt wurden, und deren Wurzeln infolge eines Bruches der Gasleitungsröhren einige Zeit hindurch mit Leuchtgas umspült wurden, wird dadurch erklärlich.

Die Wasserpflanzen entnehmen den Sauerstoff der im Wasser absorbierten atmosphärischen Luft. Dort, wo diese fehlt, hat das Pflanzenleben unter Wasser ein Ende. Wer bei der Versendung von Wasserpflanzen das dazu benutzte mit Wasser gefüllte Gefäß gut verkorkt in der Meinung, die Wasserpflanzen seien ja doch in ihrem Elemente und würden so eine längere Reise gut vertragen, wird arg enttäuscht. Die geringe Menge des Sauerstoffes

der in dem Wasser enthaltenen atmosphärischen Luft ist bald verbraucht, und die Wasserpflanzen ersticken dann in dem Wasser binnen 24 Stunden oder auch in noch viel kürzerer Zeit, gerade so wie Fische, welche man in einer verkorkten, mit Wasser gefüllten Flasche transportieren wollte.

Nicht alle Pflanzen atmen mit gleicher Energie, ebenso ist an jedem einzelnen Stocke in betreff der Atmung ein großer Unterschied an den verschiedenen Teilen zu bemerken. Die chlorophylllosen Blumenblätter atmen viel kräftiger als die grünen Laubblätter, unterirdische, des Chlorophylls entbehrende Wurzelstöcke, Zwiebeln und Knollen bei weitem ausgiebiger als die grünen Stengel. In den grünen Teilen der Pflanze spielen sich zur Zeit, wenn sie dem Sonnenlichte ausgesetzt sind, zwei Vorgänge ab, die Bildung von Kohlenhydraten und die Spaltung von Kohlenhydraten. Der letztere Vorgang wird aber von dem erstern so verdeckt, daß er nur schwierig beobachtet werden kann. Es wurde berechnet, daß in einem Lorbeerblatte dreißigmal mehr Kohlenhydrate gebildet als zersetzt, beziehentlich veratmet werden.

Ein großer Unterschied ergibt sich auch je nach den Entwickelungsstufen der einzelnen Pflanzenteile. Jugendliche Wurzeln, Stengel und Blätter atmen viel lebhafter als ausgewachsene. Wenn man Samen in feuchter Erde keimen läßt, so ist die Atmung anfänglich ganz unbedeutend, wenn aber die Teile des Keimlinges sich zu strecken beginnen, wenn der ihnen von der Mutterpflanze mitgegebene Stoffvorrat in Fluß gebracht und verbraucht wird, ist auch die Atmung eine sehr energische; später, wenn dann der Keimling so weit herangewachsen ist, daß er mit Hilfe seiner inzwischen ergrünten Laubblätter arbeiten kann, nimmt die Atmung wieder ab. Bei der Entwickelung von Knospen verhält es sich ganz ähnlich; auch da wird von den sich aus den Knospenhüllen hervordrängenden jungen Blättern weit mehr veratmet als von dem ausgewachsenen grünen Laube. Daß übrigens auch Teile, welche ihre volle Größe erreicht haben und scheinbar ganz unthätig sind, noch atmen, geht aus der Beobachtung hervor, daß Wurzeln und Knollen, die man im Herbste der Erde entnahm und im Kellerraume über Winter liegen ließ, ohne äußerlich sichtbare Veränderung Kohlensäure aushauchten. An ausgegrabenen Zuckerrüben hat man innerhalb zweier Monate eine Abnahme des Zuckergehaltes um 1 Prozent und eine dieser Abnahme entsprechende Ausscheidung von Kohlensäure beobachtet, ein Beweis, daß auch in Gebilden, welche eine Winterruhe einhalten, eine Wandlung der Stoffe und eine Atmung stattfinden kann.

Nach dem, was oben über die Bedeutung der Atmung für das Leben der Pflanze gesagt wurde, ist es eigentlich ganz selbstverständlich, daß die Energie der Atmung, welche man aus der Menge der von einer bestimmten organischen Masse ausgehauchten Kohlensäure oder, noch besser, aus der Menge des aufgenommenen Sauerstoffes berechnet, desto größer ist, je stärker die Pflanze wächst, und je rascher sie ihren Körper weiterbaut, so wie ja auch eine Maschine desto mehr Heizmaterial bedarf, je größer ihre Leistungen sein sollen. Mangelt das Heizmaterial, oder ist dasselbe nicht in genügender Menge vorhanden, so steht die Maschine still, oder sie erreicht nicht die volle Höhe jener Leistungen, deren sie fähig wäre. Nicht anders in der lebenden Pflanze. Fehlen die zu veratmenden Stoffe, so wird selbst bei Gegenwart von Sauerstoff die Atmung unterbleiben, und das Leben der Pflanze erlischt; ist der Vorrat an den genannten Stoffen ein ungenügender, so wird die Pflanze nur kümmerlich ihr Dasein fristen, und ihr Zuwachs wird, entsprechend dem unzureichenden Betriebsmateriale, ein unbedeutender sein. Wenn aus den Knospen einer Kartoffelknolle Stengel hervorsprießen, so geschieht das auf Kosten der Kohlenhydrate und andrer in der Knolle aufgespeicherter Stoffe. Ist dieses Hervorsprießen im freien Lande erfolgt, und kommen die Sprosse ans Tageslicht, so ergrünen deren Blätter und erzeugen unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen neue Kohlenhydrate, von welchen ein Teil sofort als Betriebsmaterial bei dem Weiterbaue der Kartoffelpflanze Verwendung findet und veratmet wird. Fand dagegen das Auswachsen von

Sprossen aus der Kartoffelpflanze im dunkeln Kellerraume statt, so können die Blätter derselben nicht ergrünen und daher auch keine Kohlenhydrate erzeugen. Die Sprosse wachsen dann nur so lange, wie das in der Knolle aufgespeicherte zu veratmende Material reicht; ist dieses erschöpft, so hat das Atmen ein Ende, und die gebildeten Sprosse sterben ab.

Eine annähernde Vorstellung von der Bedeutung der Atmung als treibender Kraft bei jenen Stoffwandlungen, deren Endziel der Weiterbau des Pflanzenkörpers ist, gewinnt man bei der Betrachtung folgender Zahlen. In einem Kubikzentimeter Kohlendioxyd sind 0,5376 mg Kohlenstoff enthalten, deren Verbrennungswärme 4677 Wärmeeinheiten ausmacht, von welchen das Arbeitsäquivalent 1,987,725 Grammmillimeter gleich ist. Wenn ein Kohlenhydrat veratmet wird, so wird mit jedem ausgehauchten Kubikzentimeter Kohlendioxyd ein Vorrat von Arbeitskraft gewonnen, der 1,987,725 Grammmillimeter gleich ist, und es könnte durch diese Kraft ein Grammgewicht bis zur Höhe von 1987 m emporgeschleudert werden. Nun wurde aber ermittelt, daß Keimpflanzen des Mohnes, welche nachträglich getrocknet 0,45 g wogen, in 24 Stunden 55 ccm, Keimlinge der Senfpflanze, die später getrocknet und gewogen ein Gewicht von 0,55 g zeigten, in 24 Stunden 32 ccm Kohlendioxyd bei der Atmung aushauchten, und es läßt sich nun leicht ermessen, welch bedeutender Kraftvorrat durch die Atmung gewonnen wird, selbst dann, wenn infolge verschiedener Störungen und Hemmnisse der Effekt in der lebenden Pflanze weit hinter dieser Berechnung zurückbleiben sollte.

Wenn wir hier die lebendige Pflanze wie eine mit Kohle geheizte Maschine besprechen und ihre Arbeitsleistungen sogar in Zahlen anzugeben suchen, so liegt hierzu die Berechtigung in der Analogie der Vorgänge, die sofort in die Augen springt. Der Vergleich drängt sich jedem unwillkürlich auf, der da sieht, daß in beiden Fällen dieselben Triebkräfte ins Spiel kommen, und daß hier wie dort durch eine Verbrennung des Kohlenstoffes der nötige Vorrat an lebendiger Kraft gewonnen wird. Anderseits aber ist die Verbrennung in einer Maschine und die Atmung in einer lebendigen Pflanze doch wieder weit verschieden. Das Eigentümliche bei der Atmung der Pflanzen liegt darin, daß Stoffe mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft verbunden werden, welche außerhalb des lebendigen Pflanzenkörpers mit diesem Elemente bei gewöhnlicher Temperatur keine Verbindungen eingehen. Weder die Kohlenhydrate, noch die Fette, noch die Eiweißstoffe, welche bei der Atmung in den Verbrennungsprozeß mittelbar oder unmittelbar einbezogen werden, unterliegen außerhalb der Pflanzenzelle den im Zellenleibe sich abspielenden Veränderungen und Zersetzungen, und es kann als sichergestellt gelten, daß der Sauerstoff auf dieselben nur dann einwirkt, wenn er durch Vermittelung der lebenden Protoplasten auf sie übertragen wird. Die lebendigen Protoplasten beschränken übrigens die Wirksamkeit des übertragenen Sauerstoffes nur auf die Kohlenhydrate und die andern stickstofffreien Verbindungen, welche sie umschließen; die stickstoffhaltigen Verbindungen werden nicht direkt veratmet, und die Menge des Stickstoffes wird in der atmenden Pflanze auch nicht vermindert. Man kann sich diese merkwürdigen Wechselbeziehungen nur in folgender Weise vorstellen. Die im Leibe des Protoplasten eingeschlossenen Stärkekörnchen und Fetttröpfchen werden zuerst in einen löslichen Zustand versetzt und dann durch den vom Protoplasten übertragenen Sauerstoff veratmet; die Eiweißstoffe dagegen werden zunächst gespalten und zwar in Asparagin und ein Kohlenhydrat. Nur das letztere wird veratmet, das stickstoffhaltige Asparagin dagegen wird nicht nur nicht verbrannt, sondern ergänzt sich wieder zu Eiweißstoffen, und zwar dadurch, daß es die in den grünen Zellen unter Mitwirkung der Sonnenstrahlen neugebildeten Kohlenhydrate herbeizieht und sich mit ihnen verbindet.

Wenn an dieser Vorstellung festgehalten wird, wird es auch klar, wie wichtig das Ineinandergreifen der Atmung und der Bildung von frischen Kohlenhydraten

in den grünen Zellen ist. Bleibt in einer Pflanze der Zufluß frisch gebildeter Kohlenhydrate aus, so kann auch keine Wiedergeburt der Eiweißstoffe erfolgen; anfänglich wird noch alles, was überhaupt an veratembaren Stoffen in der Pflanze steckte, zur Fortsetzung des Betriebes herbeigezogen, bleibt aber der Zufluß frischer Kohlenhydrate dauernd aus, und sind selbst die letzten Reserven verbraucht, so tritt eine Erschöpfung der Pflanze ein; sie hat zu atmen und zu leben aufgehört. Man hat berechnet, daß in einer Pflanze, welcher der Zufluß frisch gebildeter Kohlenhydrate fehlt, bis über 50 Prozent ihrer Substanz veratmet werden können, ehe sie an Erschöpfung zu Grunde geht. Das ist z. B. an den schon erwähnten Kartoffelknollen der Fall, welche im dunkeln Raume Stengel entwickeln, die aber vergeilen, d. h. sich ungemein strecken, während die Anlagen der Laubblätter sehr klein und ohne Chlorophyll bleiben. Es findet hier im tiefen Dunkel keine Neubildung von Kohlenhydraten, aber fort und fort Atmung statt und zwar so lange, als überhaupt noch zu veratmende Stoffe vorhanden sind. Ist endlich alles, was in dieser Richtung verwendbar war, veratmet, so sterben die Sprosse ab. Ihr Trockengewicht ist aber nur halb so groß, als das der Knolle war, aus der sie hervorgegangen; die andre Hälfte wurde vollständig veratmet, in Kohlensäure und Wasser umgewandelt, welche sich rasch verflüchtigen.

Sonnenlicht, ohne welches die Zerlegung der Kohlensäure und die Bildung von Kohlenhydraten nicht stattfinden kann, ist für die Atmung nicht notwendig. Die Atmung kann im völligen Dunkel vor sich gehen. Unterirdische Teile: Wurzeln, Knollen, Zwiebeln, Rhizome, Ausläufer, desgleichen die Mycelien und Sporenträger der unter dem Namen Pilze zusammengefaßten Pflanzen, ebenso die in die Erde gesenkten Samen, atmen in der Dunkelheit. Die Atmung erfolgt selbst in finsterer Nacht. Daß das Wachstum, der wichtigste aller durch die Atmung angeregten Vorgänge, durch den Einfluß des Lichtes beschränkt wird, soll bei Besprechung des Wachstumes erörtert werden. Konzentriertes Licht veranlaßt eine rasche Oxydation und Zerstörung des betroffenen Teiles, welche aber nicht mehr als Atmung der Pflanze angesehen werden kann.

Wärme- und Lichtentwickelung.

Da der Vorgang der Atmung eine Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen ist und jede Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen durch Erhöhung der Temperatur gefördert wird, kann man erwarten, daß auch die Atmung in der Pflanze um so ausgiebiger sein wird, je höher die Temperatur der zu veratmenden Stoffe und die Temperatur ihrer Umgebung ist. In der That wurde auch beobachtet, daß die Kohlensäureausscheidung, beziehentlich die Atmung mit zunehmender Temperatur sich steigert. Allerdings nur bis zu einer gewissen Grenze. Sie kann schon bei 0° beginnen, erreicht dann einen Höhepunkt, welcher je nach den verschiedenen Arten zwischen 15 und 35° liegt, nimmt aber weiterhin rasch ab. Unter dem Einflusse von Temperaturen, welche ein Gerinnen der Eiweißstoffe veranlassen, und die eine Tötung des lebendigen Protoplasmas zur Folge haben, hat auch die Atmung ihr Ende erreicht.

Der zur Veratmung der Kohlenhydrate nötige Sauerstoff wird, wenn die Atmung einmal im Gange ist, der umgebenden atmosphärischen Luft entnommen. Aber der erste Anstoß zur Atmung erfolgt nicht von dieser Seite her, oder, mit andern Worten, nicht der eindringende Sauerstoff ist es, welcher die erste Anregung zur Atmung gibt. Läßt man in getötete Pflanzen Sauerstoff eindringen, so werden sie sowenig zum Atmen gebracht wie Schmetterlinge, welche infolge von Sauerstoffentziehung erstickt sind, und die man nachträglich wieder an die frische Luft bringt. Der Sauerstoff kann weder in vollständig

erstickten Pflanzen noch in vollständig erstickten Tieren jene Bewegungen der Atome veranlassen, welche dem Leben eigentümlich sind. Da nur lebende Pflanzen atmen können, so muß also das Atmen durch eine Kraft, welche in dem lebenden Protoplasma frei wird, durch jene spezifische Kraft, welche als Lebenskraft zu bezeichnen ist (s. S. 49), veranlaßt werden. Die erste Bewegung, beziehentlich der erste chemische Vorgang, mit welchem die Atmung beginnt, scheint eine Spaltung der Eiweißmoleküle im lebenden Protoplasma zu sein, jener vor kurzem (S. 432) geschilderte Vorgang, dem zufolge das Eiweiß sich in Asparagin und ein Kohlenhydrat, vielleicht auch in Asparagin, ein Kohlenhydrat und Kohlendioxyd sondert. Das Nächste wäre dann allerdings ein Herbeiziehen des Sauerstoffes aus der atmosphärischen Luft, aber wohlgemerkt, nur ein Herbeiziehen desselben zur Fortsetzung der spontan in dem lebendigen Protoplasten eingeleiteten Stoffwandlung.

Wie bei jeder Verbindung des Sauerstoffes mit andern Stoffen, insbesondere bei jeder Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen, wird auch bei der Atmung Wärme frei. Nicht immer ist diese Wärme in dem Pflanzenteile, in welchem sie entbunden wird, leicht nachzuweisen. Durch Verdunstung des Wassers und durch Ausstrahlung wird in den oberirdischen Organen, zumal in flächenförmig ausgebreiteten Laubblättern, der Erwärmung des betreffenden atmenden Pflanzengewebes entgegengewirkt. Auch wird unter dem Einflusse des Sonnenlichtes im Laufe des Tages gerade in dem grünen Laube Kohlenstoff reduziert, ein Vorgang, welcher mit Bindung von Wärme Hand in Hand geht. Da nun dieser Vorgang die Atmung in den grünen Blättern gewissermaßen verdeckt, so ist es begreiflich, daß in den Laubblättern die durch die Atmung frei werdende Wärme nur selten wahrnehmbar ist, daß vielmehr grüne Laubblätter sich in der Regel kühl anfühlen. Ja, es ist sogar wahrscheinlich, daß die angenehme Kühle unter einem schattenden Laubdache nicht nur durch die Abhaltung der Sonnenstrahlen veranlaßt wird, sondern daß auch das Einfangen dieser Sonnenstrahlen, die Bindung der Wärme, bei der Erzeugung der ersten Kohlenhydrate in den grünen Blattflächen an der Abkühlung der die Blätter umspülenden Luft beteiligt ist. Wo aber diese Umstände nicht in Betracht kommen, ist die entbundene Wärme der atmenden Pflanzenteile gerade so wie im tierischen Körper nachweisbar, und wenn atmende grüne Blätter weder verdunsten, noch Wärme gegen den Himmelsraum ausstrahlen können, wenn überdies ein Vorrat von Kohlenhydraten in ihnen aufgespeichert ist, wird die bei dem Atmen frei werdende Wärme auch in der nächsten Umgebung sich fühlbar machen. Noch mehr gilt dies von unterirdischen Zwiebeln und Knollen, bei welchen nicht nur Verdunstung und Ausstrahlung ganz oder teilweise unterbleiben, sondern die auch als chlorophyllose Gebilde nicht fähig sind, Kohlenhydrate selbst zu erzeugen, und daher auch keine Wärme binden.

Ähnlich wie diese atmenden unterirdischen Organe verhalten sich auch keimende Samen und des Chlorophylls entbehrende Keimlinge, vorausgesetzt, daß sie wieder gegen Verdunstung und Ausstrahlung geschützt sind. Lebhaft atmende, in Keimung begriffene Gerstenkörner, wenn sie dicht gehäuft beisammenliegen und dadurch die entbundene Wärme mehr zusammengehalten wird, erhöhen die Temperatur ihrer Umgebung in recht auffallender Weise. Malz ist bekanntlich gekeimte Gerste, und bei der Bereitung von Malz werden aufgehäufte Gerstenkörner zum Keimen gebraucht. Hierbei wird nun die Temperatur der unmittelbaren Umgebung um 5—10° über die Temperatur der atmosphärischen Luft, welche die zusammengehäuften Gerstenkörner von außen umspült, erhöht. Sehr lehrreich ist auch die Entbindung von Wärme in den Schwämmen. Diese entnehmen die organischen Verbindungen, aus welchen sie ihr Mycelium und ihre Sporenträger aufbauen, aus andern lebenden Organismen oder aus den verwesenden Resten abgestorbener

Pflanzen und Tiere. Die Sporenträger derselben entwickeln sich oft ungemein r
zu bedeutender Größe, und mit dieser raschen Entwickelung ist immer auch eine rasche
wegung der vom Mycelium aufgenommenen Nahrung in der Richtung gegen den Spo
träger und eine energische Atmung verbunden. Die Atmung findet vorzüglich an
Peripherie des Sporenträgers, bei den Hutpilzen insbesondere in der durch die Lage
der untern Seite des Hutes gegen Verdunstung und Ausstrahlung am besten geschü
Hymenialschicht statt; die Zuleitung der Nahrung und insbesondere einer großen Me
von Wasser erfolgt durch den Strunk, welcher den Hut trägt. Die in der freien Na
im Waldgrunde an den nur wenig über den Boden sich erhebenden Pilzen ausgefü
ten zahlreichen Messungen haben nun übereinstimmend das Resultat geliefert, daß die Te
peraturerhöhung im Gewebe des Sporenträgers am bedeutendsten dort ist, wo auch
Atmung am lebhaftesten stattfindet, das ist in der Hymenialschicht. Geringer ist sie i
Markkörper des Hutes und am geringsten im Strunke, durch welchen die wässerige Flüssi
keit mit einer Temperatur sich bewegt, welche von der Temperatur des umgebenden Boden
nur wenig abweicht, und wo die Atmung jedenfalls nur ganz unbedeutend sein kann. A
dem Pilzlinge (Boletus edulis), welcher sich seiner Größe und Form wegen ganz besonde
gut zu diesfälligen Untersuchungen eignet, wurden z. B. bei einer Temperatur der um
gebenden Erde von 13° ermittelt: Temperatur des Strunkes 14,2—15,6°, Temperatu
des Markkörpers im Hute 15,2—16,8°, der Hymenialschicht 16,7—18,1°. Die mehr aus
gewachsenen (aber noch durchaus frischen) Fruchtkörper zeigten höhere Temperatur als die
jungen, eben erst aus dem Boden emporgetauchten. Im Mittel war der wasserreiche Strunk
um 2, die Markschicht des Hutes um 3 und die Hymenialschicht um 4,5° wärmer als die
Umgebung. Die Beobachtungen an andern zu den Hymenomyceten gehörigen Schwämmen
lieferten ähnliche Resultate. Der Erdschieber (Lactarius scrobiculatus) zeigte bei einer
Temperatur des umgebenden Bodens von 12,2° eine Temperatur des Strunkes von 14,8
und des Hutes von 16,0°; der Fliegenschwamm (Amanita muscaria) bei einer Temperatur
des umgebenden Bodens von 13,0° im Strunke 14,2°, im Hute 15,2°; der Habichtsschwamm
(Hydnum imbricatum) bei einer Temperatur des umgebenden Bodens von 12,2° im
Strunke 13,0 und im Hute 14,5°. Die eigentümliche Form des Hutes läßt bei diesen
zuletzt genannten Pilzen eine gesonderte Messung der Temperatur in der Mark- und in der
Hymenialschicht nicht gut zu, doch ist es wahrscheinlich, daß auch hier ein kleiner Unterschied besteht, ähnlich demjenigen, wie er an dem Pilzlinge gefunden wurde. Auch die zu den
Bauchpilzen gehörenden Boviste zeigen eine nicht unbedeutende Erhöhung der Temperatur des
atmenden Teiles ihrer Sporenträger über die Temperatur ihrer Umgebung. So wurde an
Lycoperdon coelatum in dem Sporenlager kurz vor dem Öffnen des kugeligen Sporenträgers eine Temperatur von 15,8° beobachtet, während der umgebende Boden nur 12,2° zeigte[1].

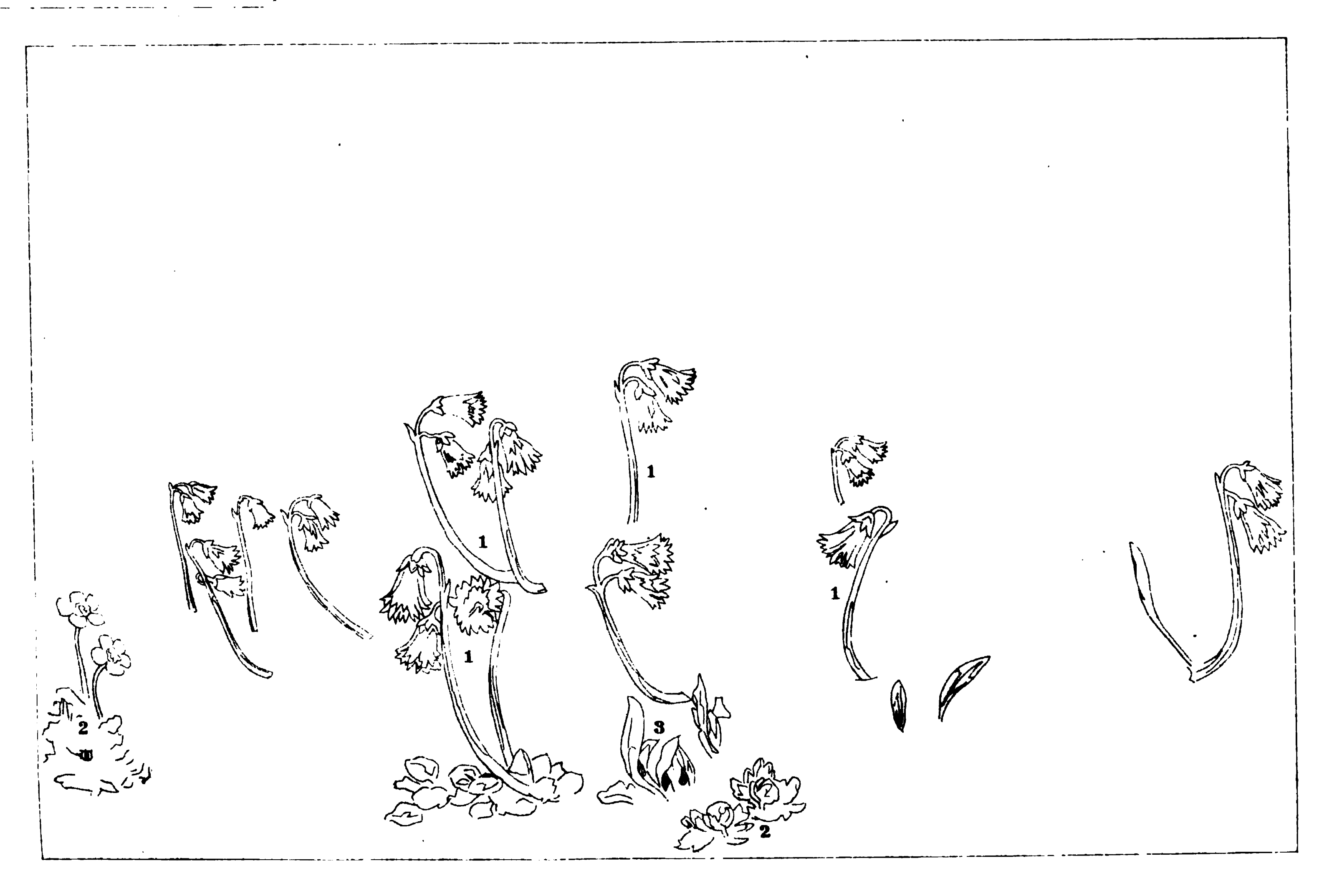
Besonders auffallend tritt das Freiwerden der Wärme auch an atmenden Blütenknospen und den sie tragenden, rasch wachsenden Stielen sowie auch an geöffneten Blumen hervor. Sind die Blüten klein, und sind deren nur wenige am Ende des Stengels, oder wird nur eine einzige kleine Blüte von einem zarten Stiele getragen, so entgeht die entbundene Wärme freilich leicht der Beobachtung; aber unter besonders günstigen Verhältnissen macht sich dieselbe doch geltend und bewirkt dann eine Erscheinung, so seltsam und rätselhaft, daß jeder, der sie zum erstenmal beobachtet, im höchsten Grade überrascht und verblüfft wird. Ich meine hiermit die Erscheinung, daß am Rande der Schnee- und Firnfelder in den Hochgebirgen zarte, zierliche, kleine Blumen in den festen Firn hineinwachsen und sich den Raum, dessen sie bedürfen, durch Schmelzen des Firnes erobern. Unser ausgezeichneter Künstler

[1] Die Temperatur der Luft betrug in den oben aufgezählten Fällen 10—13°.

ſt ungemei
uch eine mi
gegen den
vorzüglich
durch die
beſten ge
ner großen
der freien
Pilzen auß
ert, daß die
iſt, wo a
ringer iſt
wäſſerige
gebenden
d ſein kann
n ganz bei
peratur de
s°, Tem
Die meh
peratur a
ſerreiche
wärmer a
en Schwi
zeigte bei
nkes von
er Tem
bichtsi
von 12,
öſt bei
rk- und
kleiner
uch die
mperatur
So wur
n Spor
12,°
lütenb
men b
r wird
ene
cht iſt
daß je
wird.
den
en

SOLDANELLEN IM SCHNEE

[Zur Tafel: » *Soldanellen im Schnee* «.]



1. *Soldanella pusilla und alpina*. 2. *Ranunculus alpestris*. 3. *Polygonum viviparum*.

Ernst Heyn hat unter meiner Führung auf der Höhe des Blaser in den tirolischen Zentralalpen das eigentümliche Bild in vollendeter Naturwahrheit auf dem Papiere festzuhalten verstanden, und die Schilderung mit Worten mag daher auch an die farbige Darstellung auf der beigehefteten Tafel „Soldanellen im Schnee“ anknüpfen. In einer Mulde, nahe der 2240 m hohen Kuppe des Berggipfels, hat sich der atmosphärische Niederschlag vom Winter her bis in die ersten Tage des Augusts erhalten. Es ist aber nicht mehr der flockige, weiche Schnee, wie er vor Monaten die ganze Mulde in einer Mächtigkeit von 2 bis 3 m erfüllte, sondern eine in den untern Schichten feste und durchscheinende und nur obenauf weiche, körnige Masse, die aus dem Winterschnee hervorgegangen. Es ist Firn, genau so wie an der Oberfläche der Gletscher am Feuersteine und der Schneespitze, welche im Hintergrunde des Bildes aufragen; ja, in den untersten, dem Boden unmittelbar aufliegenden Schichten hat sich Eis gebildet, und in Wahrheit liegt ein kleiner Gletscher in der Mulde, der sich von den Gletscherfeldern des Hintergrundes nur dadurch unterscheidet, daß wegen geringerer Mächtigkeit die durch Druck bedingten Phänomene in seiner Tiefe nicht zur Entwickelung kommen, und daß er bis Mitte des Augustmonates gänzlich abgeschmolzen ist, so daß dann auf dem Boden der Mulde noch ein grüner, mit bunten Blumen durchwirkter Teppich aus niedern Ranunkeln, Gentianen, Nelken, Steinbrechen, Seggen, Gräsern und liegenden Weiden entstehen kann. Die Ähnlichkeit, welche solche kleine Firnfelder mit einem Gletscher zeigen, geht so weit, daß auch noch mehrere andre Gletscherphänomene an denselben sichtbar werden. Wie auf den großen Gletscherfeldern, erscheint auch hier die oberste Schicht, welche dem Regen und bei hellem Himmel tagüber den Sonnenstrahlen am meisten ausgesetzt ist, gelockert, weich und verschiebbar; die tiefern Schichten sind fest, scheinbar kompakt und nicht verschiebbar, sie müssen aber doch von feinen Poren und Kanälen durchsetzt sein, durch welche das Schmelzwasser in die Tiefe sickert, und wie aus mehreren Erscheinungen, von welchen eine gleich zur Sprache kommen wird, hervorgeht, findet in kalten Nächten gerade so wie im Gletscherfirne eine Regelation statt. Das durch die feinen Kanäle der eisigen untern Schicht durchsickernde Schmelzwasser gelangt auf den Boden der Mulde, in welcher das Firnfeld eingebettet ist; dort durchfeuchtet es die Erde und netzt auch die in dieser Erde wurzelnden Pflanzen. Was von der Erde nicht mehr festgehalten werden kann, fließt unter der eisigen Schicht, entsprechend der Neigung der Mulde, ab und kommt an den Rändern des Firnfeldes in Form kleiner Wasseräderchen zum Vorscheine. Die untere, zu Eis gewordene Schicht des Firnfeldes liegt zwar dem Boden dicht auf, erscheint aber nirgends an denselben angefroren; das über den eisbedeckten Boden abfließende Schmelzwasser zeigt die Temperatur von 0°. Obenauf in der durchweichten, verschiebbaren Schicht des kleinen Firnfeldes findet man häufig Bienen, Hummeln und Falter, welche hier ihren Tod gefunden haben, ebenso durch die Stürme herbeigewehte abgestorbene Blättchen von Alpenpflanzen und den auf S. 36 u. 74 besprochenen atmosphärischen Staub (Kryokonit), welcher sich in Form dunkler Bänder und Flecke vorzüglich am Rande des Firnfeldes hinzieht. Auch an lebendigen Wesen fehlt es nicht. Ab und zu stellen sich die Zellen der Sphaerella nivalis ein, welche einzelne Stellen schmutzig rot färben, und die kleinen, schwarzen, unter dem Namen Gletscherflöhe bekannten Poduren treiben sich an den vom atmosphärischen Staube beschmutzten Stellen herum.

Aber auch unter dem Firnfelde wird es lebendig. Aus dem vom Schmelzwasser überrieselten Erdreiche erheben sich die Blütenknospen der zierlichen Soldanellen, zumal der in solchen Schneemulden zu Tausenden wachsenden Soldanella pusilla, welche schon im verflossenen Jahre vorbereitet wurden, deren Stengelchen aber damals nur einige Millimeter Länge erreichten. Diese Stengelchen wachsen nun thatsächlich bei einer Temperatur der Umgebung von 0° bogenförmig in die Höhe, die von ihnen getragenen Blütenknospen

werden dadurch gehoben und kommen mit der untern, dem Boden zugewandten Seite des Firnfeldes in Berührung. Auch die Blütenknospen vergrößern sich ziemlich rasch und beginnen sich violett zu färben. Dieses Wachstum erfolgt auf Kosten des Vorrates an Stoffen, welchen die Soldanellen im vorhergehenden Sommer gewonnen und zum Teile in den immergrünen, lederigen, platt dem Boden aufliegenden Laubblättern, zum Teile in den kurzen, in der Erde eingebetteten Wurzelstöcken aufgespeichert hatten. Es werden diese Stoffe als Baustoffe verwendet, und um das möglich zu machen, sie in Fluß zu bringen, an die Stellen des Verbrauches hinzuführen und hierzu die nötigen Triebkräfte zu gewinnen, wird ein Teil derselben veratmet. Die bei dieser Atmung frei werdende Wärme schmelzt in der unmittelbaren Umgebung der sich vergrößernden Blütenknospen das körnige Eis des Firnfeldes, welches die wachsenden Soldanellen überdeckt. Das hat zur Folge, daß sich über jeder Soldanellenknospe eine Aushöhlung im Eise bildet, oder besser gesagt, daß jede Soldanellenknospe wie von einer kleinen Eiskuppel überwölbt wird. Noch immer wächst aber der Stengel in die Länge; die von ihm getragene atmende und Wärme entbindende Blütenknospe wird daher in den kuppelförmig ausgehöhlten Raum emporgehoben und hineingeschoben. Sie veranlaßt dort neuerdings eine Schmelzung des Eises und eine Verlängerung des Hohlraumes und bohrt sich somit selbst einen Weg durch die Eisschicht nach oben. Das geht so fort und fort, und endlich hat sich die atmende und Wärme entwickelnde Soldanellenknospe einen förmlichen Kanal durch die Firndecke ausgeschmolzen, kommt über dieser zum Vorscheine, und der Stengel erscheint durch die Firnlage wie durchgesteckt. Die Blütenknospe öffnet sich jetzt, und man sieht nun das zierliche violette Glöckchen über dem Firnfelde im Winde schwanken. Begreiflicherweise wird das Firnfeld dort am ehesten durchlöchert werden, wo es am dünnsten ist, und das ist in der Nähe des Randes der Fall, wo auch das Abschmelzen von obenher am raschesten vor sich geht. Man sieht daher vorzüglich den Saum des Firnfeldes durchlöchert und dort durch die Löcher die Soldanellen herausgewachsen. Stellen, wo 10—20 Blüten auf einer meterlangen Strecke des Randes emporkommen, sind keine Seltenheit. Wer näher zusieht und durch den Firn Durchschnitte mit Beil und Spaten macht, kann sämtliche geschilderte Entwickelungsstufen nebeneinander sehen. Aber auch noch zwei andre Erscheinungen werden ihm nicht wenig auffallen. Er wird nämlich hier und da einzelne Soldanellen finden, deren Knospen sich bereits geöffnet haben, bevor sie über die Firndecke emporgehoben wurden. Solche Soldanellen blühen dann thatsächlich in einer kleinen Aushöhlung des Firnes und nehmen sich aus wie Pflanzenteile oder Insekten, die in Bernstein eingeschlossen sind, oder wie kleine, bunte Splitter, die man in Glaskugeln eingeschmolzen hat. Das Blühen solcher Soldanellen beschränkt sich auch merkwürdigerweise nicht nur auf das Öffnen der Blumenkrone; es findet sogar ein Öffnen der Antheren statt, und nimmt man derlei Soldanellenblüten aus ihrem kleinen Eishause heraus und stößt auf die kegelförmig zusammenschließenden Antheren, so kann man deutlich ein Herausfallen des Blütenstaubes beobachten.

Was noch außerdem bei näherm Zusehen nicht wenig überrascht, ist der Umstand, daß die Löcher, in welche die Stengel, beziehentlich die Blütenstiele eingelagert sind, sich nach unten zu trichterförmig so verengern, daß sich dort das körnige Eis an den Stengel anschließt, oder mit andern Worten, daß der Kanal in der Tiefe vollständig vom Stengel ausgefüllt ist. Wenn man bedenkt, daß die Blütenknospe, welche sich den Kanal ausgeschmolzen hat, einen Durchmesser besaß, der wenigstens dreimal so groß war als der Durchmesser des Stengels, so sollte man erwarten, daß der Stengel durch die Mitte eines verhältnismäßig weiten Loches durchgesteckt wäre. Das ist nun, wie gesagt, nicht der Fall, und es läßt sich diese Erscheinung nur so erklären, daß der körnige, von Poren durchzogene Firn eine plastische Masse bildet, daß infolge des Abschmelzens die Körner sich verschieben, dem Gesetze der

Schwere folgend tiefer sinken, dort, wo eine Durchlöcherung stattfand, zusammenschließen, und daß infolge der Regelation die untern Schichten doch wieder als kompakte Masse erscheinen. Noch ist zu erwähnen, daß die grünen Blätter der Soldanellen, welche unter dem Schnee und Firne platt dem Boden aufliegen, im Verlaufe des Wachstumes der Blüten ihre Prallheit einbüßen, und daß die in ihnen aufgespeicherten Reservestoffe vollständig von dem auswachsenden Stengel und der auswachsenden Blüte verbraucht werden. Die grünen Blätter werden dann runzelig und gehen zu Grunde, während sich nach dem Abschmelzen des Firnes neue Laubblätter entwickeln, die sich mit Reservenahrung versorgen, damit in der nächsten Vegetationsperiode die auswachsenden Stengel und Blüten genügend ernährt werden können.

Neben den Blüten der Soldanellen findet man ab und zu auch jugendliche, noch gelbrote Laubblätter des **Polygonum viviparum**, welche von untenher in den Firn hineinwachsen und mitunter knapp am Rande des Firnfeldes Löcher in denselben schmelzen, wie das auch auf der Tafel bei S. 465 dargestellt ist. Die weißen Blüten des mit den Soldanellen an gleichem Standorte gesellig wachsenden **Ranunculus alpestris** haben dagegen die Fähigkeit, den Firn zu durchwachsen, nicht erlangt und bedürfen als Anregung zum Wachstume eine Temperatur, welche schon etwas höher als 0° ist, demzufolge sie ihre Blüten immer erst an den vom Firnschnee kurz vorher verlassenen Plätzen entfalten.

Wie groß die von den kleinen Blütenknospen der Soldanellen entbundene Wärme ist, würde sich zwar aus der Menge des geschmolzenen Eises berechnen lassen, aber es kämen bei einer derartigen Berechnung so viel Fehlerquellen ins Spiel, daß die gewonnenen Zahlen doch nicht den Anspruch auf große Genauigkeit machen könnten, und wir können uns daher mit der Thatsache begnügen, wenn sie auch nicht durch Ziffern, als den Ergebnissen eines kalorimetrischen Versuches, belegt ist.

Das Schmelzen des Eises durch die beim Atmen der Soldanellen frei werdende Wärme ist übrigens auch insofern von größtem Interesse, weil dadurch der Beweis geliefert wird, daß auch kleine, vereinzelt stehende, ungemein zarte Blüten nicht nur ihr eignes Gewebe, sondern auch die Umgebung erwärmen, und daß die frei werdende Wärme in ihnen nur darum nicht wahrnehmbar wird, weil, wie schon oben bemerkt, Verdunstung und Ausstrahlung im entgegengesetzten Sinne wirken, und weil die atmenden Blüten für gewöhnlich von atmosphärischer Luft umspült, also von einem Medium umgeben sind, das beweglicher, schwankender und verschiebbarer nicht gedacht werden könnte. Die Luft, welche in der einen Sekunde von der atmenden Blüte erwärmt wird, ist in der nächsten Sekunde schon weithin entführt und durch andre Luft ersetzt. Das gilt insbesondere von Blüten mit ebenem Boden und herabgeschlagenen Blättern oder von flachschüsselförmigen, nach oben zu weit offenen Kronen, in deren Bereiche von einem Stagnieren der Luft keine Rede sein kann. Wenn dagegen die Blüte die Form einer Sturzglocke hat, wie bei dem Fingerhute, den Gloxinien und den meisten Glockenblumen, wenn sich eins der Blätter als Helm emporwölbt, wie bei dem Eisenhute, wenn die Blüten röhrig, an der Basis tonnenförmig aufgetrieben oder krugförmig erweitert sind, wie bei den Aristolochien, oder wenn sie tiefe Becher bilden, wie bei den Kakteen und vielen Kürbisgewächsen, so wird die Luft in dem versteckten Raume kaum bewegt, es herrscht im Blütengrunde Windstille, die dort angesammelte und erwärmte Luft wird sich in dem windstillen Winkel ziemlich unverändert erhalten und nicht so leicht durch andre ersetzt werden.

An kühlen Tagen kann man daher im Innern solcher Blüten, selbst dann, wenn sie ganz vereinzelt stehen, regelmäßig eine Erhöhung der Temperatur über die Temperatur der umgebenden Luft wahrnehmen. Auf einer Alpenwiese zeigte bei einer Lufttemperatur von 8,4° am Morgen kurz nach Sonnenaufgang das Innere einer Blüte von **Gentiana acaulis** die Temperatur von 10,6°. Bei trübem Himmel und ruhiger Luft zeigte auf einer Bergwiese

das Innere einer Blume von Campanula barbata 16,6° und nicht weit davon entfernt an einem Waldrande das Innere des helmförmigen Blumenblattes von Aconitum paniculatum 14,6°, während die Lufttemperatur außen in beiden Fällen nur 13,2° betrug. Bei weitem ausgiebiger zeigt sich die Temperatur der Luft im Bereiche einer atmenden Pflanze erhöht, wenn zahlreiche kleine, dicht zusammengedrängte Blüten von einer gemeinsamen Hülle umgeben sind, und wenn diese Hülle derartig gestaltet ist, daß in dem von ihr umschlossenen Raume Windstille herrscht. Auf derselben Bergwiese, auf welcher die oben erwähnte Glockenblume (Campanula barbata) in betreff der Temperatur im Innern der Glocke geprüft wurde, stand auch die Wetterdistel (Carlina acaulis) in voller Blüte. Da der Himmel trübe war, erschien auch das Distelköpfchen geschlossen, d. h. die starren Hüllblätter waren mit ihren Spitzen zusammengeneigt und bildeten einen über die Blüten gestürzten Hohlkegel. Das Thermometer zwischen diesen Hüllblättern, abwärts bis zu den Blüten eingeführt, zeigte eine Temperatur von 20,4°, die umgebende Luft 13,2°, also einen Unterschied von mehr als 7°.

An den Palmen, deren zahlreiche kleine, gehäufte Blüten von großen Blütenscheiden eingehüllt sind, zeigt die Luft innerhalb dieser Hüllen gleichfalls eine Erhöhung der Temperatur, die sogar so auffallend ist, daß man sie durch das Einführen der bloßen Hand wahrnehmen kann. Ähnlich verhält es sich auch bei den Aroideen. Auch hier sind zahlreiche kleine Blüten zu einer Ähre mit dicker, fleischiger Spindel, einem sogenannten Kolben, vereinigt, und jeder Kolben ist von einem Hüllblatte umgeben, das anfänglich wie eine Tüte zusammengewickelt, häufig auch tonnenförmig aufgetrieben oder blasenförmig ausgeweitet, kurz in den seltsamsten Gestalten ausgebildet ist, immer aber einen Hohlraum umschließt, dessen Luft durch den Einfluß eines äußern Luftzuges kaum berührt wird. In diesen Hohlraum kann mit entsprechender Vorsicht ein Thermometer eingeführt, und es kann die von ihm angegebene Temperatur mit jener der Umgebung verglichen werden. Man fand nun beispielsweise bei einer gleichzeitigen äußern Lufttemperatur von 25° die Temperatur im Innern der Blütenhülle bei der brasilischen Tornelia fragrans nahezu 38°. Bei derselben Lufttemperatur beobachtete man innerhalb der Hülle des Arum cordifolium auf der Insel Bourbon eine Temperatur von 35 bis 39°. Die höchste Temperatur aber wurde an dem italienischen Aron (Arum Italicum) bemerkt. Es ist diese Pflanze im Gebiete der mittelländischen Flora ungemein verbreitet und in Weinbergen unter Gebüsch, ja selbst an Zäunen und Straßenrändern häufig anzutreffen. Seine von einer großen, bleichen, grünlichgelben Hülle umgebenen Kolben schieben sich im Frühlinge wie umgekehrte Tüten aus der Erde hervor; die Blütenhülle beginnt sich zwischen 4 und 6 Uhr nachmittags zu öffnen, indem sich zugleich ein eigentümlicher, an Wein erinnernder Duft in der Umgebung bemerkbar macht. Wird nun ein Thermometer in die Höhlung dieses Hüllblattes eingeführt, so ergibt sich, daß bei einer gleichzeitigen Lufttemperatur von beiläufig 15° die Temperatur im Innern auf 40, ja mitunter sogar auf nahezu 44° erhöht ist. Solche Aroideen zeigen demnach im Bereiche ihrer atmenden Blüten eine Temperatur, welche jene des menschlichen Blutes noch übertrifft.

In dem Maße, als mit steigender Temperatur der umgebenden Luft vom Morgen bis zum Nachmittage die Energie des Atmens zunimmt, erhöht sich auch die Temperatur im Innern der Blüten, wie aus folgenden an einer gegen den direkten Einfluß der Sonnenstrahlen geschützten Stelle im Garten angestellten Beobachtungen hervorgeht:

Temperatur im Innern der glockenförmigen Blumenkrone des roten Fingerhutes	8,8°,	15,2°,	17,7°,	20,0°,	21,2°,
Gleichzeitige Temperatur der umgebenden Luft	8,7°,	15,0°,	17,2°,	19,1°,	19,5°,
Unterschied	0,1°,	0,2°,	0,5°,	0,9°,	1,7°.

Während die Entbindung von Wärme an allen lebenden Pflanzen vorkommt und eine natürliche Folge der Atmung, beziehentlich der Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen

ist, wird die Entwickelung von Licht, welche sonst mit den Verbrennungsvorgängen vielfach verbunden erscheint, nur äußerst selten an lebenden Pflanzen beobachtet. Mit Sicherheit kennt man sie nur an den Hymenomyceten, jener Gruppe chlorophyllloser Sporenpflanzen, deren Sporenträger unter dem Namen Schwämme bekannt sind, und deren Erwärmung bei der Atmung bereits früher besprochen wurde. Aber auch von diesen Hymenomyceten leuchten verhältnismäßig nur wenige und auch von diesen wenigen nicht alle Entwickelungsstufen. Am öftesten kommt das Leuchten an dem Mycelium von Blätterschwämmen (Agaricineen) vor, welches das Holz alter Baumstrünke und oberflächlich über den feuchten Waldgrund kriechender Baumwurzeln durchspinnt. Es bildet dieses Mycelium teils dickere, dunkle, durch Querspangen vielfach verbundene Stränge, welche sich vorzüglich zwischen Holz und Rinde hinziehen und dort häufig die sonderbarsten Netze und Gitter bilden, teils sehr zarte und dünne, dunkle Fäden, welche sich in das Holz und zwar mit Vorliebe senkrecht auf die Längsachse des betreffenden Stammes einlagern, und endlich ungemein zarte, farblose Fäden, welche die Holzzellen in der auf S. 152 geschilderten Weise durchwachsen, das ganze Holz förmlich durchspinnen und für das freie Auge nur erkennbar werden, wenn sie sich zu Netzen verweben, die man dann als weißliche Nester, Fetzen, Fransen und Häutchen den Wandungen der im zerstörten Holze sich bildenden Spalten und Löcher auflagern sieht.

Diese feinen Fäden und Gespinste des Myceliums sind es auch, welche das merkwürdige Leuchten zeigen. Dort, wo sie die Holzzellen ganz durchwuchern, macht es den Eindruck, als ob das Holz selbst leuchten würde, und gemeinhin spricht man auch von leuchtendem Holze und leuchtendem Moder der Baumstrünke. Ohne Zweifel sind es verschiedene Blätterschwämme, deren Mycelien das Leuchten zeigen, sowohl solche, welche das Holz von Laubhölzern, als auch solche, welche das Holz von Nadelhölzern zerstören. Gewöhnlich wird nur der Halimasch (Agaricus melleus) als Ursache des Holzleuchtens aufgeführt, was wohl darin seinen Grund hat, daß gerade diese Art weit verbreitet ist und dort, wo sie sich eingenistet hat, auch in jedem Jahre reichlich Sporenträger aus dem morschen Holze hervortreibt, so daß eine Bestimmung der Art keinen Schwierigkeiten unterliegt. Da aber leuchtendes Holz auch in Nadelwäldern höherer Gebirgsgegenden, wo der Halimasch nicht mehr vorkommt, beobachtet wird, so läßt sich darauf schließen, daß auch noch die Mycelien verschiedener andrer Blätterschwämme, welche wegen Mangels an Fruchtkörpern der Art nach nicht festgestellt werden konnten, dieselbe Erscheinung zeigen. Am schönsten beobachtet man das Leuchten in der freien Natur im Hochsommer und Herbste nach mehrtägigem Regenwetter, wenn das von dem Mycelium durchwucherte Holz von den atmosphärischen Niederschlägen befeuchtet wurde. Doch darf die von dem Holze aufgenommene Feuchtigkeit ein gewisses Maß nicht übersteigen. Eine zu starke Durchnässung verhindert die Lichterscheinung gerade so wie eine zu weit gehende Austrocknung. Entfernt man das Holz von der Stelle, wo es besonders schön leuchtet, so nimmt das Leuchten ziemlich rasch ab, um endlich ganz zu erlöschen, wenn an dem neuen Orte scheinbar auch die ganz gleichen Verhältnisse und Lebensbedingungen gegeben sind. Ich habe wiederholt leuchtendes Holz in der Nacht aufgenommen, nach Hause gebracht und dort möglichst getreu die Bedingungen herzustellen gesucht, unter welchen das Leuchten in der freien Natur in so auffallender Weise stattfand; in der ersten Nacht war die Lichterscheinung noch ungeschwächt zu sehen, aber schon nach 24 Stunden hatte sie gewöhnlich ihr Ende erreicht. Gibt man leuchtendes Holz in einen abgeschlossenen Raum, wo die Erneuerung der atmosphärischen Luft, beziehentlich des Sauerstoffes nicht ausgiebig genug stattfindet, so hört das Leuchten sehr bald auf. Erhöhung der Temperatur wirkt nicht befördernd auf das Leuchten ein, was vorzüglich darin seinen Grund haben dürfte, daß die Erhöhung der

Temperatur eine Änderung im Feuchtigkeitszustande des Holzes nach sich zieht. In Sauerstoff gegebenes leuchtendes Holz zeigt eher eine Abnahme als eine Zunahme des Leuchtens. Im Waldgrunde kann man, wenn anders die Feuchtigkeitsverhältnisse sich gleich bleiben, das Leuchten länger als eine Woche hindurch Tag für Tag an dem gleichen Strunke beobachten.

Das Licht, das von dem Mycelium ausgeht, läßt sich schwer mit irgend einem andern vergleichen. Es ist nicht so grün wie jenes der Leuchtkäferchen und hat auch nicht jenen Schimmer, wie er beim Meerleuchten vorkommt; es ist ein weißes, mattes Licht. Am meisten nähert es sich jenem des reinen, unter Wasser gehaltenen Phosphors. Im Dunkel des Waldes macht es einen befremdenden und darum unheimlichen Eindruck. Die „Irrlichter" dürften, zum Teile wenigstens, auf leuchtendes Holz zurückzuführen sein. Wenn man einen von dem leuchtenden Mycelium durchwucherten morschen Baumstrunk mit Gewalt anstößt, so daß er in Hunderte von Bruchstücken zersplittert, die in weitem Umkreise hinausfliegen und zerstreut zu Boden fallen, so zeigt noch jeder Splitter das Leuchten, und der dunkle Waldgrund ist mit größern und kleinern Lichtpunkten wie besäet. Das Leuchten solcher Bruchstücke hat aber bis zur nächsten Nacht gewöhnlich schon sein Ende erreicht.

Der Halimasch und die andern ihm verwandten Blätterschwämme zeigen das Leuchten nur an ihrem Mycelium, während seine Sporenträger unter allen Umständen dunkel bleiben. An einer Reihe andrer Blätterschwämme, namentlich an dem brasilischen Agaricus Gardneri, an dem in Amboina heimischen Agaricus igneus, dem in Manila vorkommenden Agaricus noctilucens und dem in Südeuropa durch das mittelländische Florengebiet weitverbreiteten Agaricus olearius leuchten dagegen die Sporenträger und zwar das an der untern Seite des Hutes entwickelte Hymenium, seltener auch der Strunk, welcher den Hut trägt. Das von diesen Pilzen ausgehende Licht gleicht ganz jenem des Myceliums der früher besprochenen Blätterschwämme, und auch die äußern Bedingungen, unter welchen es zu stande kommt, sind ähnliche. Nur haben hier die Feuchtigkeitsverhältnisse nicht jenen auffallenden Einfluß, den man am leuchtenden, von Mycelfäden durchwirkten Holze bemerkt. An dem zuletzt genannten Agaricus olearius, einem Blätterschwamme, welcher zwischen dem Wurzelwerke der Ölbäume wächst und seine goldgelben Fruchtkörper im Spätherbste ausbildet, bemerkt man wenigstens das Leuchten ebensowohl bei trocknem Wetter wie bei Regenwetter. Sobald die Lufttemperatur unter + 3° herabsinkt, hört das Leuchten sogleich auf; am schönsten dagegen zeigt sich die Lichterscheinung bei 8—10°; bei höhern Temperaturgraden nimmt sie nicht weiter zu, sondern allmählich wieder ab. Die Abhaltung und Entziehung des Sauerstoffes der Luft hat sofort eine Einstellung der Lichterscheinung im Gefolge. Sobald aber die atmosphärische Luft neuerdings Zutritt erhält, stellt sich auch das Leuchten wieder ein. Die absterbenden Blätterschwämme leuchten immer schwächer und schwächer; mit dem Leben erlischt auch das Leuchten derselben. Noch ist zu bemerken, daß nicht nur bei Blätterschwämmen mit leuchtendem Hymenium, sondern auch bei jenen mit leuchtendem Mycelium das Leuchten sowohl bei Nacht als am Tage stattfindet. Nur wird es am hellen Tage im Freien nicht gesehen; sobald man aber das betreffende Gebilde in einen dunkeln Raum bringt, tritt auch während der Tageszeit die Lichterscheinung hervor. Infolge von Besonnung während des Tages wird das Leuchten in der darauf folgenden Nacht nicht verstärkt, und die Erscheinung hat daher mit jenem eigentümlichen Phosphoreszieren, welches der am Tage der Sonne ausgesetzte Flußspat in der nächsten Nacht zeigt, nichts gemein.

Es gibt organische Stoffe, welche in alkalischer Lösung bei Zutritt von Sauerstoff zu leuchten beginnen. Es liegt nahe, anzunehmen, daß sich solche Stoffe in den genannten Blätterschwämmen bilden, und daß dann beim Atmen der Sauerstoff zu diesen Stoffen

hingeleitet wird und die Lichterscheinung veranlaßt. So würde sich dieses Leuchten jedenfalls am einfachsten erklären. Über den Vorteil, welchen das Leuchten für die Pflanze selbst hat, kann man nur Mutmaßungen aussprechen. Am wahrscheinlichsten ist es, daß den Pilzmücken und Pilzkäfern, welche ihre Eier in die Mycelien und Sporenträger der Hymenomyceten legen und die mit der Verbreitung der Sporen in einem später noch ausführlicher zu besprechenden Zusammenhange stehen, in der dunkeln Nacht der Weg gezeigt wird. Viele dieser Mücken und Käferchen fliegen nur bei Nacht und wenden sich, wie so viele geflügelte Nachttiere, bei ihrem Fluge leuchtenden Gegenständen zu. Es wäre nun immerhin möglich, daß das von den genannten Blätterschwämmen ausgehende Licht als Anlockungsmittel und Wegweiser für die genannten in der Nacht fliegenden Insekten dient, ähnlich wie der Geruch und die lebhafte Farbe andrer Hymenomyceten für jene Pilzfliegen und Pilzkäfer, welche am hellen Tage schwärmen.

Gärung.

Vor etwa 30 Jahren formulierte man den Unterschied von Pflanzen und Tieren in folgender Weise: Die Pflanzen setzen lebendige Kraft in Spannkraft um, sie bilden durch Reduktion aus unorganischer Nahrung, zumal aus Kohlensäure, Salpetersäure und Wasser, organische Verbindungen; die Tiere setzen Spannkraft in lebendige Kraft um, sie zersetzen und verbrennen bei der Atmung die ihnen als Nahrung dienenden, von den grünen Pflanzen gebildeten organischen Verbindungen. Diese Unterscheidung hat aber nur teilweise Gültigkeit. Einmal paßt sie nicht auf die der Chlorophyllkörper entbehrenden Pflanzen, und anderseits ist es sichergestellt, daß auch die grünen Pflanzen atmen und dabei Spannkraft in lebendige Kraft verwandeln. Die Atmung der Pflanzen ist von jener der Tiere weder als Vorgang noch in ihren Zielen und ihrer Bedeutung verschieden. Hier wie dort ziehen die lebendigen Protoplasten den Sauerstoff der atmosphärischen Luft herbei, um ihn auf gewisse eigens vorbereitete und zugerichtete, verbrennlich gemachte Kohlenstoffverbindungen zu übertragen, hier wie dort werden diese Kohlenstoffverbindungen verbrannt, um die nötigen Betriebskräfte zum Weiterleben und Weiterwachsen zu gewinnen. Die Analogie zwischen Tieren und Pflanzen geht aber in dieser Beziehung noch weiter. Wenn man Tiere, die ein zähes Leben haben, z. B. Frösche, in sauerstofffreie Luft gibt, so gehen sie nicht alsogleich zu Grunde und hören auch nicht sofort auf, Kohlendioxyd auszuatmen; sie bringen also noch eine Zeitlang eine gewisse Menge lebendiger Kraft durch Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen in ihrem Körper auf. Aus der umgebenden Luft vermögen sie den hierzu nötigen Sauerstoff nicht heranzuziehen; es bleibt daher nichts andres übrig, als daß sie ihn aus organischen Verbindungen ihres eignen Leibes gewinnen. Für die Dauer ist das freilich nicht durchführbar, und längeres Verweilen der Frösche in sauerstofffreier Atmosphäre hat zur Folge, daß sie schließlich absterben. Aber auf kurze Zeit vermögen sie auf die angegebene Weise ihr Leben immerhin zu fristen. Ganz dasselbe beobachtet man auch an Pflanzen. In eine Umgebung gebracht, welcher freier Sauerstoff fehlt, sterben sie nicht sogleich ab, sondern suchen sich noch kurze Zeit dadurch am Leben zu erhalten, daß sie gebundenen Sauerstoff benutzen, daß sie ihn den salpetersauren Salzen, welche mit der Nahrung in ihren Körper gelangten, oder auch sauerstoffreichen organischen Verbindungen des eignen Körpers entziehen. In solcher Weise gewonnener Sauerstoff vermag den für gewöhnlich aus der Umgebung angezogenen zu ersetzen, gleich diesem eine Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen zu veranlassen und so die zur Fortdauer des Lebens notwendige lebendige Kraft zu schaffen. Es wird dann auch in sauerstofffreier

Umgebung von der betreffenden Pflanze Kohlendioxyd ausgehaucht und Wärme wie bei der normalen Atmung entbunden. Aber lange hält diese abnorme Bezugsquelle nicht vor. Bleibt freier atmosphärischer Sauerstoff dauernd aus, so gehen die in solche außergewöhnliche Verhältnisse versetzten Pflanzen an Erschöpfung und Erstickung zu Grunde.

Es ist nun aber auch möglich, daß lebende Pflanzen in eine Umgebung gelangen, in welcher zwar freier Sauerstoff fehlt, in welcher aber gebundener Sauerstoff vorhanden ist. Gesetzt den Fall, man würde eine Pflanze, welche, bisher von atmosphärischer Luft umspült, den in dieser enthaltenen freien Sauerstoff zur Atmung benutzte, in eine Zuckerlösung versenken, in welcher zwar kein freier Sauerstoff, aber viel mit Kohlenstoff und Wasserstoff im Zucker verbundener Sauerstoff enthalten ist. Würde eine solche Pflanze im stande sein, dem Zucker Sauerstoff zu entreißen und für sich nutzbar zu machen? In den meisten Fällen gewiß nicht. In einzelnen Fällen aber besitzt das lebendige Protoplasma thatsächlich die Fähigkeit, die flüssigen sauerstoffhaltigen Verbindungen, mit welchen es in Berührung kommt, zu spalten, dadurch den zur Fortsetzung des eignen Lebens nötigen Sauerstoff zu gewinnen und auch noch andre bei der Spaltung aus ihrer Verbindung gelöste Stoffe sich nutzbar zu machen. Dieser Vorgang hat mit der Atmung die größte Ähnlichkeit; thatsächlich werden bei demselben mit Hilfe des angezogenen Sauerstoffes Kohlenstoffverbindungen verbrannt, Kohlendioxyd ausgehaucht und Wärme entbunden. Die Pflanzenzelle, deren lebendiger Protoplast das alles vollbringt, erhält sich am Leben, gedeiht und wächst und vermehrt sich sogar in überraschender Weise. Wir nennen aber diesen Vorgang nicht mehr Atmung, sondern Gärung.

Unter den Pflanzen, welchen die Fähigkeit zukommt, Gärungen zu veranlassen, darf man sich freilich nicht große, belaubte Gewächse vorstellen. Sie sind im Gegenteile alle sehr unscheinbar und gehören durchweg zu jenen Sporenpflanzen, welche des Chlorophylls entbehren, und die man gemeiniglich unter dem Namen Pilze zusammenfaßt. Insbesondere sind es die vier Sippschaften: Bakterien, Hefe, Schimmel und Basidiomyceten, von welchen viele Arten in gewissen Entwickelungsstadien Gärungen einzuleiten im stande sind.

Die Bakterien, welche man auch Spaltpilze oder Schizomyceten nennt, sind die kleinsten aller Lebewesen, und es ist wiederholt die Frage aufgeworfen worden, ob sie überhaupt als selbständige Organismen und nicht vielmehr als geformte Teile abgestorbener, zerfallender Protoplasten anzusehen sind. Die Erörterung dieser Frage mag dem zweiten Bande des „Pflanzenlebens“ vorbehalten bleiben. Hier genügt es, zu bemerken, daß die Bakterien als kugelige, eiförmige oder stäbchenförmige Zellen erscheinen, welche durch wiederholte Querteilungen zu ketten- oder fadenförmigen Gebilden auswachsen, die den Hyphenfäden sehr ähnlich sehen. Diese Zellketten zerfallen aber früher oder später in ihre einzelnen Glieder, was ganz den Eindruck macht, als hätte man sie in Stücke gespalten, woraus sich auch der Name Spaltpilze erklärt. Es entstehen auf diese Weise Kolonien von regellos zusammengehäuften, häufig auch in eine schleimige Masse eingebetteten Zellen. Diese Bakterien vermögen, ohne daß sie den freien Sauerstoff der atmosphärischen Luft in Anspruch nehmen, zu leben und sich zu vermehren, und gewinnen die hierzu nötigen Stoffe dadurch, daß sie in ihrer unmittelbaren Umgebung eine Gärung, eine Spaltung der Kohlenhydrate und der eiweißartigen Verbindungen veranlassen. Je nach der Zusammensetzung des von den Bakterien befallenen Körpers und je nach der Art, welcher die ihre zerstörende Thätigkeit beginnenden Bakterien angehören, liefert die Gärung sehr verschiedene Produkte und macht sich auch unsern Sinnen auf sehr verschiedene Weise wahrnehmbar. In mehreren Fällen entstehen infolge der Spaltung Farbstoffe, welche den befallenen Körper gelb, rot, violett oder blau färben, ein andres Mal, so z. B. bei dem Sauerwerden der Milch, wird ein Molekül Milchzucker in zwei Moleküle

Milchsäure zerlegt, oder es entsteht durch die Gärwirkung der Essigbakterie aus Alkohol Essigsäure, und wieder in einem andern Falle, bei der sogenannten schleimigen Gärung, wird durch eine Bakterienart Zucker in Dextrin, Mannit und Kohlensäure gespalten. Eine der häufigsten Gärungen ist jene, welcher die eiweißartigen Verbindungen unterliegen, und die unter dem Namen Fäulnis bekannt ist. Unter dem Einflusse einer oder vielleicht auch mehrerer verschiedener Arten von Bakterien zerfallen nämlich die Eiweißstoffe in Tyrosin, Leucin, verschiedene Amine, flüchtige Fettsäuren, Ammoniak, Kohlendioxyd, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff und Wasser, von welchen Stoffen sich einige durch ihren widerlichen Geruch in unangenehmster Weise bemerkbar machen. Auch gehören hierher die berüchtigtsten aller Bakterien, welche eine Zersetzung der Säfte im lebenden menschlichen und tierischen Körper veranlassen, welche dem Blute den Sauerstoff entziehen, in demselben noch verschiedene andre Spaltungen der organischen Verbindungen anregen und als Ursache der epidemischen und endemischen Krankheiten angesehen werden. Die Kontagien und Miasmen sind wohl größtenteils, wenn nicht alle, Bakterien, und die Arten, welche den Milzbrand bei den Wiederkäuern, die Diphtheritis, die Blattern, die Cholera beim Menschen veranlassen, sind von so hohem Interesse, daß denselben im nächsten Bande ein eigner Abschnitt gewidmet werden soll.

Die verschiedenen Arten der Hefe, die man auch Saccharomyceten nennt, werden aus kugeligen oder ellipsoidischen Zellen gebildet, welche bei weitem größer sind als die Zellen der Bakterien und sich auch in einer wesentlich andern Weise vervielfältigen. Die Vermehrung erfolgt nämlich bei ihnen durch Sprossung, d. h. es entstehen an der Oberfläche der sich vervielfältigenden Zellen kolbenförmige Aussackungen, welche sich rasch vergrößern, so daß jede Aussackung in kürzester Zeit der Zelle, aus der sie hervorsproßte, gleichkommt. Die so gebildete Tochterzelle trennt sich von der Mutterzelle ab und kann nun selbst wieder durch Sprossung Tochterzellen erzeugen. Mitunter bleiben mehrere aufeinander folgende Sprossungen unter sich verbunden und bilden dann Kolonien, welche in ihrer Gruppierung einigermaßen an die Feigenkaktus oder Opuntien erinnern. Die Hefe veranlaßt alkoholische Gärung. Durch ihren Einfluß wird Traubenzucker in Alkohol und Kohlendioxyd gespalten, wobei auch noch geringe Mengen von Bernsteinsäure und Glycerin entstehen. In lebenden Pflanzen in der freien Natur tritt diese Gärung niemals auffällig hervor; jedenfalls ist sie da nur auf geringe Mengen beschränkt. Desto wichtiger wird dieselbe bei der im großen künstlich betriebenen Erzeugung alkoholischer Getränke aus Trauben und andern Früchten sowie aus Traubenzucker, den man durch Wandlung aus stärkemehlreichen Samen, Knollen und Wurzeln gewonnen hat, also beispielsweise bei der Bereitung von Wein, Cider, Bier, Branntwein, Pulque, Rum und dergleichen mehr.

Die Schimmel bestehen aus farblosen, sehr langgestreckten, dünnwandigen Zellen, welche dem unbewaffneten Auge als ungemein zarte Fäden erscheinen. Dieselben teilen sich durch Einschiebung von Querwänden, zerfallen aber nicht in die einzelnen Glieder wie die Bakterien. Die Fäden vermehren sich sehr rasch; häufig sind dann zahlreiche Fäden wie die Fäden eines Spinngewebes gekreuzt und verschlungen und bilden ein lockeres, weißliches Gespinst. Sie leben für gewöhnlich auf feuchter oder flüssiger Unterlage und überziehen die Säfte oder saftreichen Körper, auf welchen sie sich angesiedelt haben, ganz dicht mit ihren Fäden. Sie dringen aber auch in das Innere dieser Unterlagen ein. Die in zuckerhaltige Flüssigkeiten eingedrungenen Zellen nehmen eine andre Form an; sie bleiben kurz, vermehren sich durch Sprossung, und diese Sproßformen der Schimmel sehen der Hefe oft zum Verwechseln ähnlich. Nur die mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft in Berührung stehenden und atmenden Teile eines Schimmels entwickeln Sporen, welche dann meistens durch Luftströmungen verbreitet werden; die in der Flüssigkeit untergetauchten

Teile, zu welchen der freie Sauerstoff der Luft keinen Zutritt hat, bilden keine Sporen aus; dagegen vermehren sich diese in fabelhaft rascher Weise, ganz ähnlich wie Hefe und Bakterien. Diese Vermehrung erfolgt auf Kosten der organischen Verbindungen, welche in den vom Schimmel befallenen Säften oder saftreichen Körpern enthalten sind. Und zwar beschränkt sich die Veränderung der befallenen Gegenstände nicht nur darauf, daß ihren organischen Verbindungen so viel entrissen wird, als der Schimmel zu seiner Ernährung bedarf, sondern es wird die ganze befallene Masse nach und nach zersetzt und zerstört, so daß sie schließlich ganz in Kohlendioxyd, Wasser, Schwefelwasserstoff, Ammoniak und andre flüchtige Stoffe übergeht, ein Vorgang, welcher bereits bei früherer Gelegenheit (s. S. 242) geschildert wurde. Diese unter Abschluß des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft durch die Schimmelzellen veranlaßte Zersetzung ist jedenfalls als Gärung zu bezeichnen. Wenn die von den Schimmeln befallenen Säfte und saftreichen Körper eiweißartige Verbindungen enthalten, so macht sich die in diesen eingeleitete Gärung durch den unangenehmen Geruch bemerkbar; es vollzieht sich eben wieder jene Gärung, welche man Fäulnis nennt. Wenn dagegen stickstofflose Verbindungen durch Schimmel in Gärung versetzt werden, so kann auch Alkohol entstehen. In süßem frischen Obste, welches von Schimmel befallen wird, veranlassen die das saftreiche Gewebe durchwuchernden Zellen des Schimmels eine Gärung der Säfte, bei welcher als Spaltungsprodukte zunächst Alkohol und ätherische Öle entstehen, wodurch auch der eigentümliche Geruch faulenden Obstes veranlaßt wird. Von einer Schimmelart, dem Aspergillus niger, ist es nachgewiesen, daß er auf der Oberfläche einer Tanninlösung bei Zutritt von atmosphärischer Luft das Tannin veratmet, wobei Kohlendioxyd gebildet wird. Wenn dieselbe Schimmelart in der gleichen Flüssigkeit untergetaucht wird und keinen freien Sauerstoff zur Verfügung hat, so zersetzt sie das Tannin vollständig in Glykose und Gallussäure. Es wird auch angegeben, daß Schimmelzellen, welche in das Blut von lebenden Menschen und Tieren gelangen, dort ähnlich den Bakterien eine Zersetzung, beziehentlich schwere, meist mit dem Tode endigende Erkrankungen hervorrufen. Mehrere Schimmelarten vertragen die hohe Temperatur des Blutes nicht nur ohne Nachteil, sondern entwickeln sich bei derselben sogar ungemein üppig. Vorzüglich sind es die Gattungen Mucor, Aspergillus, Penicillium, Botrytis und Eurotium, deren Arten Gärungen bewirken.

Außer Bakterien, Hefe und Schimmel können endlich auch noch die Mycelien jener Schwämme, welche mit Rücksicht auf die eigentümliche im nächsten Bande zu besprechende Fortpflanzung Basidiomyceten genannt werden, Gärungen veranlassen. Die fadenförmigen Zellketten dieser Mycelien sehen den Schimmelbildungen ähnlich und durchspinnen und durchwuchern die Leichen von Pflanzen und Tieren, Dünger und Unrat, die schwarze Erde der Wiesengründe, den Humus das Waldbodens und insbesondere die Strünke abgestorbener Bäume. Aber auch lebende Pflanzen, zumal das Holz lebender Bäume, kann von diesen Mycelien durchsponnen und infolgedessen der Baum schließlich getötet werden. Wenn die Fäden des Myceliums in das Holz eines lebenden oder abgestorbenen Baumes eindringen (s. Abbildung, S. 152, Fig. 3), so begnügen sie sich nicht damit, die Zellwände zu durchlöchern, nur jene Stellen zu zerstören, mit denen sie unmittelbar in Berührung kommen, und dann die Produkte der Zerstörung als Nahrung aufzunehmen, sondern es findet auch noch eine Zersetzung im weitern Umkreise statt, eine Zersetzung, mit welcher eine Entbindung von Kohlendioxyd, Wasser und verschiedenen andern flüchtigen, nicht näher bekannten Stoffen, die den eigentümlichen Modergeruch bedingen, verbunden ist. Das Holz verliert dadurch an Gewicht, es wird morsch, verwandelt sich ganz und gar in eine beim Austrocknen zerbröckelnde oder in eine faserige, asbestartige Masse und zerfällt schließlich in Moder und Staub. Der Volksmund nennt diese durch das Mycelium

angeregte Gärung Vermoderung. Durch manche Mycelien der Basidiomyceten wird übrigens das Holz nicht nur in eine pulverige, sondern in eine jauchige Masse umgewandelt, wie namentlich durch das Mycelium des verrufenen Kellertuches oder Thränenschwammes.

Alle diese Gärungen, mögen sie durch Mycelien von Basidiomyceten, durch die Sproßformen von Schimmeln, durch Hefe oder durch Bakterien veranlaßt sein, haben das eine gemeinsam, daß sie von den gärungerregenden Zellen, beziehentlich von den in ihnen thätigen lebendigen Protoplasten ohne Ausscheidung besonderer chemisch wirkender Stoffe, welche mit der Umgebung in direkte Berührung kommen würden, hervorgerufen werden. Das lebende Protoplasma der genannten Mycelien, der Bakterien, der Hefe und der Schimmel bleibt selbst chemisch unverändert; es wirkt am kräftigsten in der unmittelbaren, weniger kräftig in der weitern Umgebung, nimmt also mit wachsender Entfernung in seiner Wirkung ab. Es ist die Wirkung, welche von der gärungerregenden Zelle ausgeht, den Wellenkreisen zu vergleichen, welche auf dem Wasserspiegel ein ins Wasser geworfener Stein hervorbringt. Man hat auch eine Hypothese aufgestellt, der zufolge sich Atomgruppen der gärungerregenden Protoplasten so lange, als diese lebendig sind, in schwingender Bewegung befinden, und stellt sich vor, daß diese Schwingungen nach Art der Wellenbewegung auf die Umgebung fortgepflanzt und übertragen werden. Durch die hierdurch bedingte Erschütterung würden dann die Veränderungen im Aufbaue der erschütterten Moleküle, die Umlagerungen der Atome, die Spaltungen der betreffenden Verbindungen erfolgen. Es wurde sogar berechnet, daß sich die Stöße, welche z. B. von dem lebenden Protoplasma der Hefezellen ausgehen, bis zu einem Abstande von $^1/_{50}$ mm von der Oberfläche dieser Hefezellen fortpflanzen, und daß sie bis zu dieser Entfernung die Moleküle des Zuckers in der Umgebung erschüttern und anders gruppieren. Je nach der spezifischen Konstitution des Protoplasmas würde natürlich auch die Erschütterung eine verschiedene sein. Man könnte annehmen, daß von verschiedenen Gärungserregern verschiedene Schwingungen ausgehen, und daß darum auch durch verschiedene Bakterien verschiedene Zerlegungen veranlaßt werden.

So viel ist gewiß, daß bei der Gärung gerade so wie bei der Atmung eine gewisse Menge lebendiger Kraft von den beteiligten lebendigen Protoplasten entbunden und auf die Umgebung übertragen wird, und daß sich in dieser Beziehung Gärung und Atmung ganz ähnlich verhalten. Dann wird es aber auch begreiflich, daß sich Gärung und Atmung ersetzen und vertreten können. An mehreren Schimmeln, wie z. B. an Mucor racemosus, tritt diese Substitution sogar recht augenfällig hervor. Erheben sich die Mycelfäden des genannten Schimmels von dem Safte, der ihnen zur Unterlage dient, an die Luft, und können sie den Sauerstoff aus der umspülenden Atmosphäre beziehen, so findet Atmung statt; wird aber dieser Schimmel in dem Safte untergetaucht, und vermag er keinen freien atmosphärischen Sauerstoff mehr zu gewinnen, so ändern sich die Zellen, gehen in die Sproßform über, und statt der Atmung beobachtet man an ihnen ausgesprochene Gärwirkung. Für solche Schimmel, ja vielleicht auch für die Hefe mag das Untergetauchtsein als abnorm gelten, für die Bakterien ist es das schwerlich, und für diese scheint viel eher die Atmung als abnormer Zustand aufgefaßt werden zu müssen.

Ich kann diese Spekulationen nicht schließen, ohne nochmals zu wiederholen, daß Gärung und Atmung nur von lebendigen Protoplasten vollzogen werden, daß die Bewegungen, welche hierbei von den Protoplasten ausgehen, sofort aufhören, sobald das Leben derselben erlischt, und daß diese Bewegungen jener im Protoplasma sich bethätigenden Naturkraft zugeschrieben werden müssen, für welche ich die alte Bezeichnung „Lebenskraft“ in Anspruch nehme.

VI. Wachstum und Aufbau der Pflanze.

1. Theorie des Wachstums.

Inhalt: Die Bedingungen und die Mechanik des Wachstums. — Wirkungen wachsender Zellen auf die Umgebung.

Die Bedingungen und die Mechanik des Wachstums.

Wer Samen zum Keimen bringen will, muß die zum Keimbette gewählte Erde befeuchten oder auf irgend eine andre Weise den Samen Wasser zuführen. Die Samen nehmen das Wasser auf, der Keimling durchbricht seine Hüllen, treibt Würzelchen in den Boden und wächst mit seinem Stengel und seinen Blättern dem Lichte zu. Die jungen Keimpflanzen müssen nun fleißig begossen werden, wenn man will, daß sie gedeihen und an Umfang zunehmen; denn sie verbrauchen bei ihrem Wachstume eine erstaunlich große Menge von Wasser. Ähnlich wie mit den Samen verhält es sich mit andern Pflanzenteilen, welche man zum Wachsen bringen oder in kräftigem Wachstume erhalten will, und eine der Grundbedingungen der Pflanzenkultur ist und war zu allen Zeiten die zweckmäßige Bewässerung des bebauten Landes. In unkultivierten Gegenden tritt die Abhängigkeit des Wachstums von der Wasserzufuhr nicht weniger augenfällig hervor. Wo der Stillstand der vegetativen Thätigkeit nicht durch die Winterkälte, sondern durch die Trockenheit veranlaßt wird, ist der Eintritt der Regenzeit alljährlich das Signal für den Beginn des Wachstums, und die Menge und die Dauer der atmosphärischen Niederschläge beherrschen in der auffallendsten Weise den ganzen Entwickelungsgang der Gewächse. Sobald nach langer Dürre das erste Naß den Boden durchtränkt, wachen die Pflanzen aus ihrem Scheintode auf; die öde, sonnenverbrannte Landschaft schmückt sich mit frischem Grün, und die Üppigkeit der aus Knospen und Samen hervorkommenden Triebe und Blätter steht in geradem Verhältnisse zu der Wassermenge, welche täglich den wachsenden Pflanzen zugeführt wird.

Wozu braucht die Pflanze diese Wassermengen? Die Antwort auf diese Frage wurde zum Teile bereits in einem frühern Abschnitte dieses Buches gegeben, und es wurde dort geschildert, wie die der Pflanze unumgänglich nötigen mineralischen Nährsalze durch Vermittelung des Wassers aufgenommen werden, wie nämlich das Wasser, in welchem die Nährsalze gelöst sind, durch den Wurzeldruck und durch die Transpiration zu den Stellen des Verbrauches hingeführt wird. Das kann aber unmöglich die einzige Bedeutung des Wassers für die Pflanze sein. Es würde unerklärt bleiben, warum wachsende Keimlinge, von welchen mineralische Nahrung aus der Erde noch gar nicht aufgenommen werden kann, und die derselben auch gar nicht bedürfen, so viel Wasser verbrauchen. Auch ist hier daran zu erinnern, daß jene chemischen Vorgänge in der Pflanzenzelle, zu welchen mineralische

Nährsalze in Verwendung kommen, noch nicht das Wachstum selbst, sondern nur eine Vorbereitung zum Wachstume bilden. Die mineralischen Salze spielen wohl eine wichtige Rolle bei den in den lebenden Zellen sich vollziehenden Umsetzungen und den mannigfaltigen Wandlungen der von außen aufgenommenen Nahrung, bei der Erzeugung organischer Verbindungen, bei der Zubereitung dieser Verbindungen zu Baustoffen; aber sie sind nicht unmittelbar beteiligt bei der Einschaltung und Festigung der Baustoffe in die Substanz des lebendigen Zellenleibes, bei dem Weiterbaue des Protoplasmas, bei der räumlichen Ausdehnung der wachsenden Zellen. Und nur diese letztgenannten Vorgänge sind es, welche als Wachstum aufgefaßt werden müssen. Wie nun aber gerade bei dem Wachstume das Wasser beteiligt ist, soll in den nachfolgenden Zeilen dargestellt werden.

Wenn der protoplasmatische Zellenleib in betreff seiner feinern Struktur auch nur sehr mangelhaft bekannt ist, so viel steht doch außer Frage, daß er aus verschiebbaren festern und weichern Teilen besteht, welche ein äußerst kompliziertes, je nach den verschiedenen Arten im Aufbaue wechselndes Gerüst bilden, und daß die Zwischenräume dieses Gerüstes von sehr mannigfaltigen Stoffen, von Wasser, flüssigen Kohlenhydraten, eiweißartigen Verbindungen, gelösten Salzen ꝛc., erfüllt werden. Man darf sich auch vorstellen, daß in das Gerüst flüssige Stoffe eingeschaltet werden können, welche sich ihrer neuen Umgebung im Augenblicke der Einschaltung in betreff der Konsistenz verähnlichen, dieselbe Struktur, beziehentlich die gleiche molekulare Gruppierung erhalten und so zu einem organisierten Teile des Zellenleibes werden. Auch die Zellhaut an der Peripherie des Protoplasmas muß einen Bau besitzen, welcher es möglich macht, daß zwischen die schon vorhandenen festen Teile flüssige Stoffe eingeschaltet werden, welche dann sofort selbst die Eigenschaften der schon früher gefestigten Teile erhalten. Diese Einschaltung setzt aber eine Dehnung der schon vorhandenen festen Teile, ein Auseinanderrücken der Molekülgruppen der bereits organisierten Gebilde, ein Platzmachen für die einzuschiebenden Partikelchen und anderseits Schub- und Zugkräfte, welche auf die einzuschaltenden Teile einwirken, voraus.

Man hält sich nun berechtigt, anzunehmen, daß in dieser Beziehung dem Turgor der Zellen eine sehr wichtige Aufgabe zukommt. Der Zellsaft ist nachgewiesenermaßen in allen wachsenden Zellen sauer, und die in ihm enthaltenen Säuren und sauren Salze ziehen mit großer Energie Wasser aus der Umgebung an. Das durch diese Anziehung in die Leibeshöhle des Protoplasten gelangte Wasser übt aber einen starken Druck auf die periphere Schicht und zwar sowohl auf das Protoplasma als auch auf die Zellhaut aus, welcher Druck zunächst eine Dehnung dieser Schichten über die gewöhnliche Kohäsionslage zur Folge hat. Durch die Elastizität der ausgedehnten Schichten wird selbstverständlich ein Gegendruck auf die Flüssigkeit im Innern ausgeübt, und dieser Zustand gegenseitiger Spannung wird eben Quellung oder Turgor genannt. Um das Zustandekommen dieses Turgors zu erklären, muß man annehmen, daß das in die Leibeshöhle des Protoplasten eingewanderte, durch die Säuren und sauren Salze angezogene Wasser trotz des von ihm auf die umhüllenden Schichten ausgeübten Druckes nicht wieder zurückkehrt, daß es vielmehr von den Salzmolekülen, von den Molekülen des Zuckers, von jenen der Eiweißstoffe ꝛc. im Protoplasma festgehalten wird. Die Erfahrung bestätigt diese Voraussetzung, und man kann sich leicht überzeugen, daß Wasser aus der Umgebung mit großer Energie in die Zellen eindringt, daß die Zelle aufquillt, die peripheren Zellschichten eine Spannung erfahren, und daß dennoch kein Wasser durch dieselben austritt. Nur wenn der Protoplast infolge eines Reizes das Wasser hinauspreßt, oder wenn man die gespannten Schichten künstlich durchlöchert oder durchreißt, kommt die Flüssigkeit aus dem gebildeten Risse wie ein kleiner Springquell hervor, was aber wieder nur beweist, daß sich die Flüssigkeit im Innern unter einem starken Gegendrucke der peripheren Schichten befand. Dieser Druck ist

selbstverständlich desto stärker, je fester und elastischer die peripheren Schichten sind, und die elastische äußerste Hautschicht der Zelle ist jedenfalls geeignet, einen namhaften Gegendruck auf die Flüssigkeit im Innern der Zelle auszuüben. Daß aber auch in Gebilden, welche der Zellhaut ganz entbehren, und die nur aus Protoplasma bestehen, allerdings aus Protoplasma, das an der Peripherie fester und derber ist als in den tiefern Schichten, ein Druck auf das Innere und umgekehrt zur Geltung kommt, geht daraus hervor, daß aus den Rissen, welche man an der äußersten Schicht von Schleimpilz-Äthalien anbringt, sofort flüssige Massen hervorquellen.

Daß nun in einer gequollenen, turgeszierenden Zelle die Moleküle der peripheren, gespannten Schichten über die gewöhnliche Kohäsionslage auseinander gerückt werden, ist wohl selbstverständlich, und es liegt nahe, anzunehmen, daß in die so gebildeten erweiterten Interstitien durch den vom aufgenommenen Wasser ausgehenden Druck flüssige Stoffe gepreßt werden, welche sich im Momente der Einlagerung festigen und in allem und jedem den auseinander gerückten Molekülen verähnlichen. Dieses Einschalten und Festwerden flüssiger Baustoffe, welches zugleich eine Zunahme des Umfanges der organisierten Substanz bedeutet, ist als Wachstum aufzufassen. Wir erhalten so eine Vorstellung von der **Mechanik des Wachstums**, die allerdings nur als eine hypothetische bezeichnet werden darf, die aber mit den äußerlich wahrnehmbaren Erscheinungen des Wachstums im Einklange steht, und auf die man, wie schon bemerkt, insbesondere durch den Umstand hingewiesen wird, daß nur turgeszierende Zellen wachsen, und daß anderseits selbst bei Vorhandensein der nötigen Menge flüssiger Baustoffe die Zellen zu wachsen aufhören, sobald der Turgor in ihnen abnimmt.

Der Turgor der Zellen, beziehentlich die Gegenwart des zur Quellung der Zellen notwendigen Wassers ist aber nur die eine Bedingung des Wachstums, **eine zweite ebenso wichtige Bedingung ist die Wärme**. Ohne Wärme kein Wachstum. Wenn in den gemäßigten Zonen, in welchen sich das Jahr in Sommer, Herbst, Winter und Frühling teilt, der Sommer zur Neige geht und die Tage kürzer und kürzer werden, wenn im Laufe der langen Nächte der Boden mehr Wärme durch Strahlung verliert, als ihm im Laufe des Tages zugeführt wird, und wenn dann auch die Pflanzen selbst stark erkalten, hört das Wachstum oberirdisch völlig auf, und die ganze Thätigkeit der Gewächse konzentriert sich, wie in dem frühern Abschnitte gezeigt wurde, darauf, sich für die Winterszeit einzupuppen, die Stoffe, welche noch in der nächsten Vegetationsperiode verwendbar sind, aus dem sommergrünen Laubwerke zurückzuziehen und in geschützten Vorratskammern unterzubringen. Den Winter über ruhen dann die gegen den Frost nicht geschützten, erkalteten Teile, und das Wachstum ist in ihnen vollständig unterbrochen. Endlich ist der Winter vorüber; der letzte Schnee hat sich unter dem Hauche milder Frühlingslüfte verloren, das hart gefrorne Erdreich ist von den Banden des Frostes befreit. Allerwärts regt sich neues Leben; die Knospen schwellen, die Bäume schmücken sich mit Blüten und frischem Laube, die Fluren ergrünen, die Samen keimen, und die Saaten auf den Feldern sprießen zur Freude des Landmannes kräftig empor. An warmen, sonnigen Frühlingstagen wächst alles mit erstaunlicher Schnelligkeit, an kühlen, trüben Tagen ist der Zuwachs nur ein geringer; kommt dann gelegentlich einmal ein Rückschlag, und sinkt die Temperatur wieder tief herab, so steht das Wachstum wohl auch ganz still. Man hat gefunden, daß der Zuwachs junger krautiger Pflanzen an zwei aufeinander folgenden Tagen infolge eines plötzlichen Wettersturzes und plötzlich eintretender Kälte von 8 cm auf $1/2$ cm herabgesunken war. Niemand zweifelt, daß solches Nachlassen des Wachstums mit dem Sinken der Temperatur im ursächlichen Zusammenhange steht, so wie ja auch das rasche Wachstum auf Rechnung der raschen Wärmezunahme gebracht wird, wobei selbstverständlich immer vorausgesetzt wird, daß der

andre, im vorhergehenden besprochene Faktor des Wachstums, das Wasser, in genügender Menge vorhanden ist.

Es wurde in einem frühern Abschnitte nachgewiesen, daß die mineralischen Nährsalze, deren die Pflanze bei Herstellung der Baustoffe bedarf, durch Vermittelung des Wassers zu den Stellen des Bedarfes gelangen, und daß dieses Betriebswasser vorzüglich durch die Verdunstung an den der Luft und Sonne ausgesetzten Pflanzenteilen aus der Tiefe emporgehoben wird. Diese Verdunstung beansprucht aber viel Wärme, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die beschleunigte oder verlangsamte Entwickelung der Pflanzenwelt zum Teile von der beschleunigten oder verlangsamten Transpiration, beziehentlich von dem Mehr oder Weniger der zugeführten Wärme abhängig ist. Die Zuleitung von Nährsalzen durch Vermittelung des Bodenwassers ist aber noch lange nicht das Wachstum, sie ist nur einer der vorbereitenden Vorgänge, gleichwie die Bildung organischer Stoffe in den grünen Zellen und die komplizierten Stoffwandlungen und Stoffwanderungen, welche der Hebung des Bodenwassers folgen. Wie für alle diese vorbereitenden Vorgänge, ist aber die Wärme auch für jenen Vorgang eine unerläßliche Bedingung, welcher als Wachstum in engerm Sinne aufzufassen ist und der hier eben in Rede steht.

Die Beteiligung der Wärme bei dem eigentlichen Wachstume, d. h. bei der Umwandlung flüssiger Baustoffe zu festen, organisierten Teilen des Pflanzenkörpers und Vergrößerung des Umfanges der Zellen, kann von jener, welche auch bei andern molekularen Umlagerungen und chemischen Umsetzungen stattfindet, nicht wesentlich verschieden sein. Nach der herrschenden Theorie ist die Wärme schwingende Bewegung der kleinsten Teilchen; die Schwingungen des Äthers, welche wir als freie Wärme bezeichnen, können einen entsprechenden Bewegungszustand der Moleküle eines jeden wägbaren Körpers veranlassen. Auch im lebenden Protoplasma kann ein Bewegungszustand der Moleküle durch die Wärme veranlaßt werden, und wir müssen uns den Effekt dieser molekularen Bewegungen so vorstellen, daß jene organischen Verbindungen, welche als Baustoffe vorbereitet wurden, die aber noch nicht organisiert sind und nur im flüssigen Zustande zu den Stellen des Bedarfes gelangten, dort in feste, organisierte Stoffe übergeführt werden. Erfahrungsgemäß wird hierbei freie Wärme in gebundene Wärme umgesetzt, und in diesem Sinne ist Wachstum als ein Verbrauch freier Wärme aufzufassen. Man darf sich auch vorstellen, daß diese Einflußnahme der Wärme auf die flüssigen Baustoffe mit dem früher geschilderten, durch den Turgor veranlaßten Einschieben von Baustoffmolekülen zwischen die auseinander gerückten Moleküle der schon bestehenden Teile Hand in Hand geht, daß also durch das Zusammenwirken beider Faktoren flüssige, organische zu festen, organisierten Stoffen werden und auf diese Weise die organisierten Teile an Umfang zunehmen, worin ja eigentlich das Wesen des Wachstums besteht.

Wirkungen wachsender Zellen auf die Umgebung.

Bei dem oben geschilderten Vorgange wird nicht nur im Innern der Zellen Arbeit geleistet, sondern es kommen auch noch Druckkräfte zur Geltung, welche auf die Umgebung mit unwiderstehlicher Gewalt einwirken. Was in dieser Beziehung die anscheinend so zarten Zellen zu leisten im stande sind, grenzt fast ans Unglaubliche.

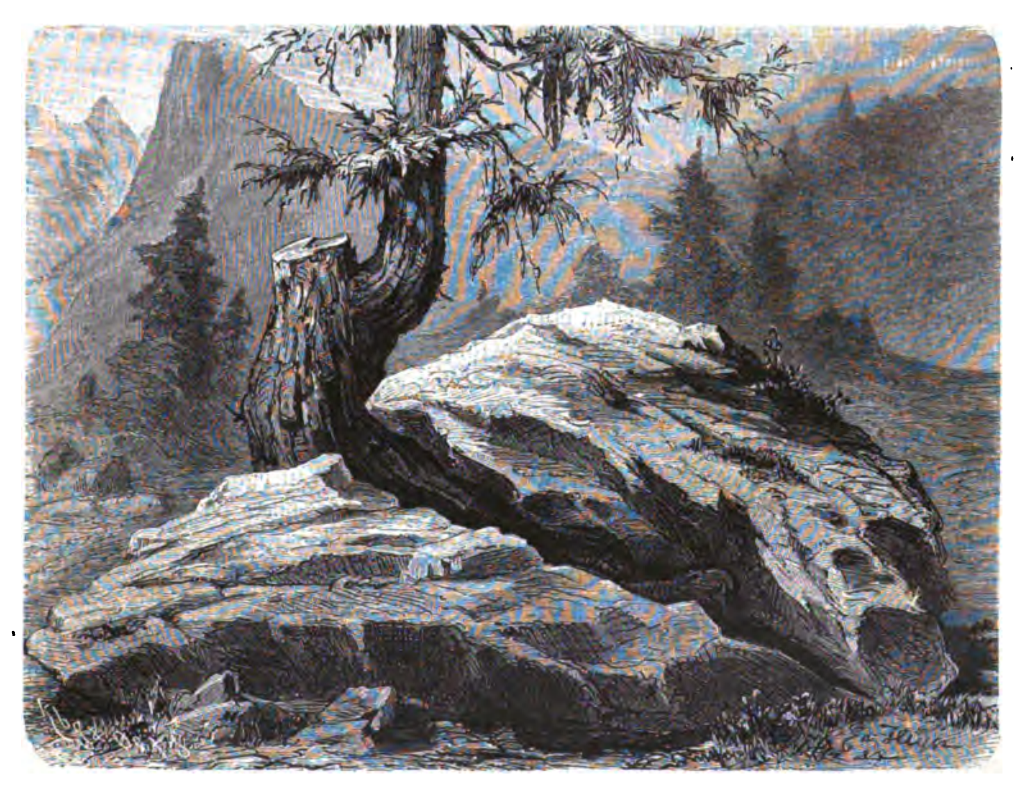
Wenn die fadenförmigen Hyphenfäden der Krustenflechten in die feinen Ritzen des Gesteines eingedrungen sind, so sprengen und lockern sie nicht nur durch seitlichen Druck die durchwucherte Unterlage, sondern wirken auch wie Hebel und drängen die gesprengten Teilchen kräftig empor. Auch die Saugzellen oder Rhizoiden der Moose und Lebermoose

üben auf ihre Unterlage eine ähnliche Wirkung, die ebenso wie bei den Flechten noch wesentlich dadurch unterstützt wird, daß von den wachsenden Zellen Stoffe ausgeschieden werden, durch welche die Unterlage teilweise in lösliche Verbindungen übergeführt wird, wovon schon bei früherer Gelegenheit (S. 236) die Rede war. Man kann sich übrigens von den Druckkräften, welche diese zarten Zellen der Lagerpflanzen bei ihrem Wachstume auf die Unterlage ausüben, auch durch den Versuch überzeugen. Wenn man Lebermoose in einen dunstgesättigten Raum auf feuchtes, mehrfach zusammengelegtes Filtrierpapier legt, so treiben sie schon nach 48 Stunden Rhizoiden, welche das Papier durchwachsen. Die Löcher, in welchen jetzt die Zellen der Rhizoiden stecken, waren in dem Papiere gewiß nicht vorgebildet; das Fasergeflecht des Filtrierpapieres ist nämlich so dicht, daß nicht einmal die Stärkekörnchen von Mais, welche doch nur einen Durchmesser von etwa 2 Mikromillimeter haben, den genügenden Raum zum Durchschlüpfen finden, um so weniger also die Rhizoiden der Lebermoose, welche einen Durchmesser von 10 bis 35 Mikromillimeter zeigen, durchzugehen vermöchten. Die Löcher müssen daher von den wachsenden Zellen der Rhizoiden erst gebildet, es müssen die Fasern des Papiergeflechtes gewaltsam auseinander gedrängt werden, was jedenfalls einen verhältnismäßig großen Kraftaufwand voraussetzt.

Die zu dicken Sporenträgern vereinten Hyphenfäden einiger Blätterschwämme, welche in verhältnismäßig kurzer Zeit aus dem unterirdischen Mycelium hervorwachsen, heben oft ziemlich große Erdstücke empor, und die hutförmigen, an der obern Seite napfförmig vertieften Sporenträger des Erdschiebers (Lactarius scrobiculatus) sowie des Wollschwammes (Agaricus vellereus) und des Stoppelschwammes (Hydnum repandum) sind sogar regelmäßig mit größern und kleinern Erdbrocken, welche beim Emporwachsen mit gehoben wurden, dicht belegt. Es ist auch ein Fall bekannt, in welchem durch die wachsenden Pilze ein Stein von 160 kg gehoben und verschoben wurde.

Nicht geringer ist der Druck, welchen die wachsenden Zellen von Blütenpflanzen auf ihre Umgebung ausüben. Die in Erde eingebetteten Saugzellen der Wurzeln, welche man Wurzelhaare nennt, erscheinen ziemlich gerade, obschon doch die mit Luft und Wasser erfüllten Räume zwischen den Erdpartikelchen gewiß nicht geradlinig sind. Es kann daher nicht bezweifelt werden, daß die Wurzelhaare trotz ihrer Zartheit dennoch die kleinern Partikelchen der Erde beiseite schieben und sich so beim Wachstume einen möglichst geraden Weg bahnen. Die Spitzen der Hauptwurzeln von Blütenpflanzen bilden, wenn sie abwärts wachsen, gleichfalls durch Druck auf die Umgebung förmliche Kanäle, schieben die erdigen Teile mit großer Gewalt auseinander, drängen sich wie ein Pfahl oder wie ein Bohrer in den Boden, und es wäre ein Irrtum, zu glauben, daß sie nur durch die Schwerkraft nach abwärts gezogen werden. Keimende Bohnensamen, welche man in einer über Quecksilber ausgebreiteten Wasserschicht keimen läßt, drängen ihre Würzelchen sogar in das Quecksilber ein. Daß die Wurzeln von Bäumen, welche in die Spalten von Mauerwerk oder in die Ritzen von Felsen gelangen, bei ihrer weitern Verdickung die Mauern zu stürzen und die Steine zu sprengen im stande sind, ist oftmals beobachtet worden. Aus der großen Zahl solcher Fälle möge wenigstens einer hier besonders hervorgehoben werden. An beiden Seiten des kleinen tirolischen Gschnitzthales sind zwei mit großen Steinblöcken besäete Terrassen entwickelt, welche als alte, diluviale Moränen gelten. Die Steinblöcke bestehen dort zum größten Teile aus kristallinischen Schiefern, insbesondere aus Gneiß, in welchem der Glimmer in ziemlich parallelen Striemen geordnet ist. Auf einem dieser Blöcke, welcher auf S. 481 abgebildet ist und der die Höhe von 2 m besitzt, hat sich vor langer Zeit eine Lärche angesiedelt und festgewurzelt, so zwar, daß die kräftigste ihrer Wurzeln in eine zur Richtung der Glimmerstriemen parallele Spalte hineinwuchs. Durch das Dickenwachstum dieser Wurzel wurde nun die Spalte erweitert, die obere

Hälfte des Blockes von der untern getrennt und um 30 cm emporgehoben. Nach einer Schätzung beträgt das Gewicht dieses gehobenen Blockteiles wenigstens 1400 kg, und die Wurzel, welche diese Last zu heben im stande war, zeigt an der dicksten Stelle einen Durchmesser von 30 cm. Übrigens ist die durch diese Lärchenwurzel bewältigte Last noch gering im Vergleiche zu jener, welche von den Wurzeln alter Laubhölzer gehoben wird. Die mächtigen, flachen Wurzeln, welche wie Riesenschlangen über den Boden des Waldes hinkriechen, waren nicht zu allen Zeiten an diesen Stellen gelagert. Solange die Bäume noch jung waren, streckten sich ihre Wurzeln unter der Erde. Erst mit zunehmendem Dickenwachstume stemmten sich diese Wurzeln an die unter ihnen liegende festgedrückte Erde und



Hebung eines Steinblockes infolge des Dickenwachstums einer Lärchenwurzel. Vgl. Text, S. 480.

wurden, indem sie die über ihnen lagernde Erdschicht aufbrachen, auch oberirdisch sichtbar. Hiermit mußte aber auch eine Hebung des von den Wurzeln getragenen ganzen Stammes und seiner Äste, oft im Gewichte von mehreren Tausend Kilogrammen, verbunden sein.

Daß auch wachsende Stengelbildungen auf ihre Umgebung einen namhaften Druck ausüben, ist selbstverständlich. Jene unterirdischen Stengel, welche man Ausläufer nennt, verhalten sich nicht wesentlich anders als die Wurzeln und vermögen gleich diesen Steinchen und Erdklümpchen vor sich herzuschieben und auseinander zu drängen. Bei manchen Pflanzen sind die wachsenden Spitzen der Ausläufer mit festen Schuppen überdeckt, die ganz ähnliche Wirkungen hervorbringen wie die Spitzen eines Erdbohrers. Namentlich gilt dies von mehreren Gräsern (z. B. von Calamagrostis, Lasiagrostis und Agropyrum). Die Ausläufer der gewöhnlichen kriechenden Quecke (Agropyrum repens) durchbohren die Wurzeln von Bäumen und zwar nicht nur von morschen, alten, sondern auch von jungen,

lebenskräftigen Exemplaren. Auch durch die Mitte von Kartoffelknollen hat man zu öftern Malen Queckenausläufer wachsen sehen, und durch Versuche wurde festgestellt, daß diese Ausläufer bei ihrem Wachstume sogar Stanniolplatten zu durchbohren im stande sind. Sehr lehrreich ist auch die Durchwachsung alter Baumstrünke durch die Stengel verschiedener kleiner Sträucher und Halbsträucher, deren wachsende Spitzen verhältnismäßig zart und weich und durchaus nicht so wie jene der Quecken mit starren, spitzen Schuppen besetzt sind. Fast allerwärts in unsern Gebirgsgegenden sieht man an Orten, wo vor nicht sehr langer Zeit ein Wald gerodet wurde, abgestorbene Strünke von Nadelholzbäumen, welche etwa 1 m hoch über den mit Preißelbeer- und Heidelbeer-Gestrüppen bewachsenen Waldboden emporragen. Die Fläche, wo einst die Säge den mächtigen Baumstamm durchschnitten hatte, der sogenannte Hirnschnitt, ist teilweise mit denselben Pflanzen überwuchert, welche nebenan auf der Erde wachsen, und es macht einen eigentümlichen Eindruck, wenn man auf diesen grauen, verwitterten Strünken wie auf der Plattform eines Säulenstumpfes kleine Bestände aus Preißelbeersträuchern ein Stockwerk höher als im umgebenden Waldgrunde üppig gedeihen sieht. Ohne nähere Untersuchung wird jedermann glauben, daß diese Preißelbeersträucher aus Samen aufgekeimt sind, welche vorzeiten von oben in die Ritzen des Hirnschnittes gelangten, und man ist daher nicht wenig überrascht, beim Spalten solcher alter Baumstrünke zu sehen, daß dem nicht so ist, daß vielmehr die Preißelbeersträucher des umgebenden Waldbodens einzelne Sprosse in den untern Teil des Baumstrunkes einschoben, und daß diese dann durch das morsche Holz des Strunkes, insbesondere durch den Moder zwischen Holz und Rinde, so lange emporwuchsen, bis sie oben am Hirnschnitte wieder an das Tageslicht gelangten, wobei jedenfalls ein sehr namhafter Druck auf die Umgebung stattgefunden hatte. Auch die dünnen Stengel der im Gerölle wachsenden Pflanzen haben sich manchmal, wenn durch einen Gießbach der Standort mit Sand und Steinchen spannenhoch überschüttet wurde, einen neuen Weg zu bahnen und dabei Sand und Steinchen von verhältnismäßig bedeutender Größe und Schwere wegzuschieben. Auf einem mit Sand und Gerölle überdeckten Waldboden sah ich sogar, wie die zarten, fadendünnen Stengel eines Wintergrüns (Pirola secunda) mehr als 60 cm emporwuchsen und dabei Steinchen im Gewichte von 1 g auf die Seite schoben. Wenn man Erbsen, Bohnen und andre große Samen in die Erde vergräbt und keimen läßt, so kann man sehen, wie beim Hervorwachsen der Keimlinge kleine Erdschollen und Steinchen emporgehoben werden, und die Erde, in welche man Kiefersamen, Eicheln und Buchelnüsse eingebettet hat, macht zur Zeit des Keimens der Samen den Eindruck, als ob sie von Mäusen durchwühlt und aufgeworfen worden wäre. Als einer der bedeutendsten Leistungen wachsender Stengel ist schließlich noch des Längenwachstums unsrer Waldbäume zu gedenken, das wir zwar täglich vor Augen haben, gerade wegen der Alltäglichkeit aber nur zu leicht übersehen. Ein wachsender Buchenstamm in der Dicke von 50 cm hebt jährlich meterhoch eine Krone, welche ein Gewicht von ein paar Tausend Kilogrammen besitzt, und bei noch mächtigern Waldbäumen dürften diese Zahlen sogar noch weit imponierender ausfallen.

Und das alles geschieht nur durch die kleinsten Teile des lebendigen Protoplasmas, welche, durch die Wärme in Bewegung gesetzt, ihre Lage ändern, sich anziehen und abstoßen, sich verschieben und durcheinander fahren, neue Gruppierungen eingehen und in dieser neuen Anordnung auch nach außen hin für unsre sinnliche Wahrnehmung in andrer Form und mit anderm Umfange erscheinen.

Wenn man diese Wirkungen wachsender Zellen und Zellengenossenschaften überblickt, so wird man unwillkürlich an die analogen Erscheinungen bei der Kristallisation erinnert. Eis, das sich in einer mit Wasser gefüllten Glasflasche bildet, sprengt mit unwiderstehlicher Gewalt die Wände des Gefäßes, und auch der Zerklüftungsprozeß der Felsmassen in den

Hochgebirgen und in allen jenen Gegenden, wo die Temperatur im Winter unter den Gefrierpunkt herabsinkt, beruht zum nicht geringen Teile auf der Erstarrung des in die feinsten Ritzen und Spalten des Gesteines eindringenden Wassers. Und doch besteht zwischen Wachstum und Kristallisation ein wesentlicher Unterschied. Kristalle bilden sich spontan aus flüssigen Stoffen und wachsen in der Weise, daß sich an ihrer Oberfläche kleine Teilchen anlagern; Pflanzenzellen dagegen formen sich niemals unvermittelt aus flüssigen Stoffen, sondern immer nur durch Vermittelung eines schon vorhandenen organisierten lebendigen Protoplasmas, und alles Wachstum im Reiche der Lebewesen ist eigentlich nur ein Weiterbilden von schon Vorhandenem. Der Kristall kann wieder in eine formlose flüssige Masse übergehen, aus dieser Flüssigkeit neuerdings entstehen, und dieses Wechselspiel kann sich unzählige Male wiederholen; für die Pflanze dagegen ist das Übergehen aus dem geformten, organisierten in den formlosen, flüssigen Zustand gleichbedeutend mit Tod, und aus den Gasen und Flüssigkeiten, welche durch die Zersetzung einer Pflanzenzelle entstanden sind, bildet sich spontan, d. h. ohne Eingriff eines lebendigen Wesens, niemals wieder eine Pflanzenzelle. Während, wie oben bemerkt, die Kristalle durch Anlagerung kleiner Teilchen auf ihre Oberfläche wachsen, findet das Wachstum der Protoplasten durch Einschieben und Aufnahme neuer Moleküle zwischen die schon vorhandenen auseinander gerückten Moleküle statt, und erst nachträglich können Teile der Zelle durch Vermittelung des lebendigen Protoplasten auch durch Auflagerung zunehmen.

---

2. Wachstum und Wärme.

Inhalt: Wärmequellen. Umsetzung von Licht in Wärme. — Einfluß der Wärme auf die Gestalt und die Verbreitung der Pflanzen. — Schutzmittel wachsender Pflanzen gegen Wärmeverlust. — Erfrieren und Versengen. — Berechnung der zum Wachstume nötigen Wärme.

Wärmequellen. Umsetzung von Licht in Wärme.

Woher beziehen die Pflanzen die zu ihrem Wachstume nötige Wärme? Bei Erwägung dieser Frage mag man zunächst an jene Wärme denken, welche in der Pflanze selbst bei der Atmung frei wird und die nicht nur bei der Stoffwandlung und Stoffwanderung, sondern auch beim Wachstume sofort nach ihrer Entbindung wieder Verwendung finden kann. Weiterhin darf an jene Wärme erinnert werden, welche bei der Atmung der Tiere und bei verschiedenen andern langsamen und raschen Verbrennungen organischer Körper frei wird, und welche sich die wachsenden Pflanzen mitunter direkt zu nutze machen können. Aber das sind nur abgeleitete Wärmequellen. Die Wärme, welche bei der Atmung entbunden wird, ist eigentlich nur der Sonnenstrahl, den die Pflanze bei einer andern Gelegenheit eingefangen hat, und in letzter Linie stammt alle Wärme, insoweit sie für das Leben der Pflanze in Betracht kommt, von der Sonne. Auch die Wärme, welche durch Leitung aus dem Boden, dem Wasser und der Luft in die Pflanzen gelangt, nimmt ihren Ursprung aus der Sonne, und diese ist es also, welche als Urquell aller von den Pflanzen verbrauchten Wärme anzusehen ist.

Man hat gefunden, daß die Sonne dreierlei Strahlengattungen aussendet, welche sich durch ihre verschiedene Schwingungsdauer unterscheiden, und die man als Wärmestrahlen, Lichtstrahlen und chemische Strahlen unterscheidet. Diese dreierlei schwingenden Bewegungen des Äthers beirren sich auf ihrem Wege sowenig wie Wellenkreise, die sich auf einer

Wasseroberfläche kreuzen. Wir erkennen und messen sie an ihren Wirkungen. Sobald sie einen Körper treffen, wird von der lebendigen Kraft dieser Ätherwellen Arbeit geleistet, die wir uns als Bewegung der Moleküle und Atome des getroffenen Körpers denken, und welche entweder als Wärme oder Licht oder chemische Umsetzung in Erscheinung tritt. Es ist aber überaus merkwürdig, daß nur jene Bewegung, welche wir als Wärme auffassen, die Umwandlung der Baustoffe in organisierte Stoffe oder, mit andern Worten, das Wachstum veranlassen kann. Jene Schwingungen, welche das Licht bilden, und deren große Bedeutung für die Bildung der Baustoffe und überhaupt der organischen Verbindungen aus unorganischer Nahrung früher eingehend besprochen wurde, vermögen einen solchen Effekt nicht hervorzubringen, wenigstens nicht unmittelbar; ja, es liegen Anhaltspunkte vor, welche zu der Annahme berechtigen, daß das Wachstum durch Licht sogar beschränkt und behindert wird. So viel ist gewiß, daß das Wachstum unter Abschluß des Lichtes in tiefster Dunkelheit vor sich gehen kann, wenn nur die beiden früher erwähnten Faktoren (Turgor und Wärme) keine Einschränkung erfahren. Die Samen sowie die meisten Sporen keimen im Dunkeln, die Zellen der unterirdischen Stengel und Niederblätter, jene der tief unter der Erde gebetteten Wurzeln sowie die Mycelien der Schwämme wachsen in einem Bereiche, welcher dem Lichte völlig entzogen ist. Auch Pflanzenteile, welche aus lichten in dunkle Räume gebracht werden, wachsen dort fort, immer vorausgesetzt, daß ihnen an der dunkeln Stelle das nötige Maß von Feuchtigkeit und Wärme zukommt.

Und dennoch sprechen wieder sehr zahlreiche Erfahrungen dafür, daß das Wachstum durch das Licht gefördert werden kann. Eine der auffallendsten Thatsachen ist folgende. Wenn Pflanzen an zwei Punkten kultiviert werden, welche zwar in Beziehung auf die während des Wachsens zur Geltung kommende Wärme, aber nicht in betreff der Intensität und Dauer des Lichteinflusses übereinstimmen, so zeigen sie an jenem Orte ein rascheres Wachstum, wo das Licht kräftiger und länger einwirken kann. So wachsen die Pflanzen im hohen Norden, wo sie täglich 20 Stunden lang beleuchtet werden, viel rascher als in südlichen Breiten, wo sie nur 12 Stunden lang dem Lichte ausgesetzt sind, und zwar selbst dann, wenn ihnen in dem gleichen Zeitraume an dem nördlichen Standorte verhältnismäßig weniger Wärme zukommt. Aus der hier eingeschalteten kleinen Tabelle:

Beginn der Blüte	Athen, 37° 58′ nördl. Breite	Wien, 48° 11′ nördl. Breite	Christiania, 59° 55′ nördl. Breite
Leberkraut (Hepatica triloba)	22. Januar	11. März	2. April
Schlehdorn (Prunus spinosa)	5. Februar	18. April	18. Mai
Kirschbaum (Prunus avium)	1. März	19. April	19. Mai
Birnenbaum (Pirus communis) . . .	20. März	23. April	22. Mai
Sauerdorn (Berberis vulgaris) . . .	10. April	9. Mai	6. Juni
Schwarzer Holler (Sambucus nigra) . .	15. April	26. Mai	2. Juli
Rainweide (Ligustrum vulgare) . . .	20. April	4. Juni	6. Juli
Weiße Lilie (Lilium candidum) . . .	1. Mai	24. Juni	16. Juli

welche den zum Vergleiche einer bestimmten Wachstumsstufe am besten geeigneten Beginn der Blütezeit mehrerer weitverbreiteter Gewächse von den Orten Athen, Wien und Christiania enthält, ist zu ersehen, daß Athen gegen Wien um 46 Tage, Wien gegen Christiania aber nur um 29 Tage voraus ist. Und doch beträgt der Unterschied der geographischen Breite zwischen Athen und Wien 10° 13′ und jener zwischen Wien und Christiania 11° 43′, wonach zu erwarten wäre, daß Wien vor Christiania einen Vorsprung von 51 Tagen hätte.

Man ist versucht, bei Erklärung dieser Erscheinung zunächst daran zu denken, daß das Wachstum sich auf die Bildung von Baustoffen aus unorganischer Nahrung stützt, daß dieser letztere Vorgang aber nur unter dem Einflusse des Lichtes sich abspielen kann, und

daß daher dem Lichte insofern auch für das Wachstum eine Bedeutung zukommt. Anderseits ist es schwer, sich vorzustellen, daß das Licht, welches die sich entwickelnden Pflanzen in Athen genießen, zur Bildung organischer Verbindungen in den grünen Zellen und zur Herstellung genügender Mengen von Baustoffen nicht ausreichen sollte, da ja thatsächlich die betreffenden Arten in Athen nicht kümmerlicher aussehen als in Christiania, was doch bei einem Mißverhältnisse zwischen Nahrungsaufnahme, Stoffwandlung und Wachstum vorausgesetzt werden müßte. Es macht diese Erscheinung auch weit mehr den Eindruck, als ob dem Lichte insofern eine Bedeutung zukommen würde, daß es im Norden die Wärme ersetzt. Und darin liegt auch die Lösung dieser Frage. Nur findet der Ersatz nicht so ohne weiteres statt, sondern das Licht wird, bevor es auf die Baustoffe einwirkt, in Wärme umgewandelt. Ein Teil des auf die Pflanzen einfallenden Lichtes wird zurückgeworfen, ein andrer Teil dringt in die Pflanzen ein, und von diesen letztern veranlaßt ein Teil der Strahlen die Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenhydrate und vermehrt den chemischen Kraftvorrat, ein andrer Teil wird in Wärme umgesetzt. Insbesondere gilt das von denjenigen Lichtstrahlen, welche am stärksten von Chlorophyll und von Anthokyan absorbiert werden und welche auch die Fluoreszenz dieser Farbstoffe erregen, und es ist gewiß unter den Aufgaben, welche dem Chlorophyll und Anthokyan zukommen, jene nicht die unbedeutendste, welche in Umsetzung von Licht in Wärme besteht.

Damit aber kommen wir nochmal auf das Anthokyan zurück, jenen merkwürdigen Farbstoff, von dem wiederholt ausführlich die Rede war. Schon auf S. 365 wurde der Erscheinung gedacht, daß das Anthokyan manchmal nur an der untern Seite der Laubblätter vorkommt. Namentlich wird dieses Vorkommen an zahlreichen Pflanzenarten im Grunde der Laubwälder beobachtet, welche, obschon den verschiedensten Familien angehörend, auffallenderweise gerade in diesem einen Punkte miteinander übereinstimmen. Eine Gruppe dieser Gewächse hat dickliche, fast lederige, dem Boden aufliegende immergrüne Flachblätter, welche von unterirdischen Knollen oder Wurzelstöcken oder von liegenden Stämmchen ausgehen. Als Vorbild für diese Gruppe kann das weitverbreitete Cyclamen europaeum dienen, von welchem in Fig. r der Tafel auf S. 22 ein Blattquerschnitt vorliegt. Von andern hierher gehörigen Arten sind noch Cyclamen repandum und C. hederifolium, Cardamine trifolia, Soldanella montana, Hepatica triloba, Saxifraga Geum und cuneifolia zu nennen. Mit diesen an gleichem Standorte vorkommend, trifft man zweijährige, mitunter auch ausdauernde Pflanzen, welche an ihren aufrechten Stämmchen im Herbste eine Rosette von überwinternden Laubblättern ausbilden, die an der dem Boden zugewendeten Seite immer violett gefärbt sind, während die Laubblätter, welche sich im darauf folgenden warmen Sommer an ihren blütentragenden, verlängerten Stengeln entwickeln, unterseits meist grün erscheinen. In diese Gruppe gehören insbesondere zahlreiche Schotengewächse (z. B. **Peltaria alliacea, Turritis glabra, Arabis brassicaeformis**), dann Wolfsmilcharten (z. B. **Euphorbia amygdaloides**), Glockenblumen (z. B. **Campanula persicifolia**) und Habichtskräuter (z. B. **Hieracium tenuifolium**). Endlich finden sich im Grunde und am Rande des Waldes auch noch sommergrüne Stauden, deren Laubblätter nicht überwintern, welche aber an den im Sommer aufwachsenden Stengeln flache Blätter und an der untern, dem Boden zugewendeten Seite dieser Blätter reichlich Anthokyan ausbilden, wie z. B. **Senecio nemorensis** und **nebrodensis, Valeriana montana** und **tripteris, Epilobium montanum, Lactuca muralis** und noch viele andre. Von außereuropäischen Arten wären auch noch mehrere Blütenschilfe, Tradeskantien, Begonien und Cypripedien sowie die japanischen Steinbreche (**Saxifraga sarmentosa** und **cortusaefolia**) erwähnenswert, welche an der untern Blattseite durch Anthokyan tief violett gefärbt sind und die durchgehends an schattigen Waldstellen gefunden werden.

Da bei früherer Gelegenheit das Anthokyan unter den Schutzmitteln des Chlorophylls aufgeführt wurde, so muß zunächst die Frage gestellt werden, ob nicht auch in den soeben aufgezählten Fällen eine solche Beziehung obwaltet. Es wäre ja möglich, daß die violette Seite der Laubblätter, die jetzt dem Boden zugekehrt ist, ehemals, als die Blätter noch sehr jung waren, den einfallenden Lichtstrahlen zugewendet war, und daß das Anthokyan nach erfolgter Umdrehung der Blätter sich an der einmal eingenommenen Stelle erhielt, ohne daß ihm deswegen jetzt noch irgend eine besondere Funktion zukommt. Gegen diese Annahme spricht aber die Thatsache, daß sich bei der Mehrzahl der oben genannten Pflanzenarten das Anthokyan erst dann einstellt, wenn sich die betreffende Blattseite schon dem Boden zugewendet hat, daß bei mehreren Arten die violette Blattseite in keiner Periode der Entwickelung nach oben gekehrt ist, und vorzüglich der Umstand, daß an allen diesen im Schatten wachsenden Pflanzen ein Schutz des Chlorophylls gegen ein Übermaß von Licht nicht notwendig erscheint, daß es im Gegenteile für diese Schattengewächse von Wichtigkeit ist, das spärliche Licht und die spärliche Wärme soviel wie nur möglich aufzufangen und auszunutzen.

Dem Anthokyan an der untern Seite der Laubblätter kann daher als Schutzmittel des Chlorophylls eine Bedeutung nicht zukommen. Dagegen spricht alles dafür, daß von dem an der untern Blattseite ausgebildeten Anthokyan Licht absorbiert und in Wärme umgesetzt wird. Das Licht, welches, durch das Blatt hindurchgehend, auf abgefallenes, totes, dürres Laub oder auf die Erde im Grunde des Waldes gelangen würde, wäre dort nutzlos und vergeudet; von dem Anthokyan absorbiert und in Wärme umgewandelt, wird es der Pflanze dienstbar gemacht und kann auf das Wachstum benachbarter Zellen, in zweiter Linie wahrscheinlich auch auf die Wandlung und Wanderung der Stoffe einen fördernden Einfluß üben. Für die immergrünen Blätter jener Pflanzen des Waldgrundes, welche in rauhern Gegenden heimisch sind, erwächst durch diese an der untern Blattseite entwickelte Folie aus Anthokyan noch der Vorteil, daß auch in den kühlern Jahresperioden jeder Sonnenstrahl so vollständig wie nur möglich ausgenutzt werden kann. Mit dieser Erklärung steht auch die Thatsache im Einklange, daß Laubblätter von Bäumen, Sträuchern und hohen Stauden, welche vom Boden weit entfernt sind und unter sich noch andre grüne Laubblätter haben, an der dem Boden zugewendeten Seite niemals violett gefärbt erscheinen, und daß an reichbeblätterten Staudenpflanzen, deren unterste Blätter dem Boden aufliegen, nur diese untersten mit Anthokyan ausgerüstet sind. Jener Teil des Lichtes, welcher in den obersten grünen Blättern keine Verwendung findet und von diesen durchgelassen wird, kann ja noch von den tiefer stehenden ausgenutzt werden; nur jenes Licht, welches die untersten Blätter passieren würde, wäre für die Pflanze verloren, und nur hier ist daher eine violette absorbierende Folie an der dem Boden aufliegenden Seite am Platze.

Ähnlich wie mit den Gewächsen des Waldschattens verhält es sich auch mit jenen Sumpfpflanzen, deren laubähnliche Stengel oder flache, scheibenförmige Blätter auf der Oberfläche des Wassers schwimmen. Die grünen Scheiben der Wasserlinsen (z. B. Lemna polyrrhiza), des Froschbisses (Hydrocharis morsus ranae), der Villarsie (Villarsia nymphoides), der Seerosen (z. B. Nymphaea Lotus und thermalis) und der herrlichen Victoria regia sind in auffallender Weise zweifarbig, oben hellgrün, unten tiefviolett. Auch hier kann von einem Schutze des Chlorophylls durch das Anthokyan keine Rede sein, wohl aber kann der violette Farbstoff in den Zellen an der untern Blattseite das Licht zurückbehalten, es in Wärme umwandeln und so für die Pflanze nutzbar machen. Die durch die grünen Blattscheiben hindurchgehenden und das Wasser durchleuchtenden Strahlen wären sonst für die betreffende Pflanze verloren, denn alle aufgezählten Arten haben keine untergetauchten Laubblätter und besitzen nur die erwähnten, auf dem Wasser schwimmenden, oberseits grünen und unterseits violetten Blattscheiben.

Findet sich Anthokyan nicht nur an der untern, sondern auch an der obern Seite der Laubblätter ausgebildet, so wird demselben zwar in erster Linie die Bedeutung eines Schutzmittels für das Chlorophyll und eines Förderungsmittels der Stoffwandlung und Stoffwanderung zukommen; aber selbstverständlich wird sich der blaue Farbstoff in betreff der Fähigkeit, Licht in Wärme umzusetzen, an der obern Blattseite nicht wesentlich anders verhalten als an der untern. Es ist sogar wahrscheinlich, daß die Bedeutung des Anthokyans nicht nur in dem Zurückhalten der für die Stoffwandlung nachteiligen Strahlen, sondern auch in der Umsetzung der Lichtschwingungen in geleitete Wärme liegt. Hierfür spricht wenigstens die Thatsache, daß sich zuzeiten und an Orten, wo andre Wärmequellen nur spärlich fließen, Anthokyan auch an der obern Seite der Laubblätter reichlich einstellt, und daß überhaupt Blätter und Stengel vieler an solchen Orten vorkommender Pflanzen ganz rot oder violett überlaufen sind. Eine Menge kleiner einjähriger Gewächse, welche schon sehr zeitig im Frühlinge bei niedriger Temperatur wachsen (z. B. **Saxifraga tridactylites, Hutchinsia petraea, Veronica praecox** und **Androsace maxima**), sind gewöhnlich an allen Seiten ihrer wachsenden Teile durch Anthokyan gefärbt; auch die Keimlinge, welche bei niederer Temperatur aus der Erde hervorsprießen, und vor allem die Pflanzen der Hochgebirge in der Nähe der Schneegrenze sind reichlich mit Anthokyan ausgerüstet und zwar sowohl an der obern als an der untern Blattseite. Die Blättchen und Stengel des alpinen dunkeln Fettkrautes (**Sedum atratum**), jene der düstern Bartsie (**Bartsia alpina**) und vor allen zahlreicher dem Hochgebirge angehörender Läusekrautarten (z. B. **Pedicularis incarnata, rostrata, recutita**) sind ganz purpurn oder dunkelviolett gefärbt und zwar auch an den Standorten, wo diese Färbung unmöglich als Schutz des Chlorophylls aufgefaßt werden könnte. Sehr auffallend ist auch die Erscheinung, daß weitverbreitete Gräser (z. B. **Aira caespitosa, Briza media, Festuca nigrescens, Milium effusum, Poa annua** und **nemoralis**), welche im Thale blaßgrüne Spelzen besitzen, im Hochgebirge Anthokyan in diesen Spelzen entwickeln, so daß dann die Ähren und Rispen eine tiefviolette Färbung zeigen und hierdurch auch die Gelände, auf welchen derlei Gräser in großer Menge gesellig wachsen, ein eigentümliches dunkles Kolorit erhalten. Und zwar tritt diese Färbung desto intensiver hervor, je näher der Schneegrenze der Standort der betreffenden Pflanzen gelegen ist, und je intensiver das Sonnenlicht sich dort geltend macht. Als ein Schutzmittel des Chlorophylls ist in diesem Falle das Anthokyan gewiß nicht zu deuten, denn die Spelzen enthalten überhaupt nur sehr wenig Chlorophyll und sind bei der Bildung organischer Stoffe so wenig beteiligt, daß die spärlichen Chlorophyllkörner auch ganz fehlen könnten, ohne daß daraus der Pflanze ein Nachteil erwachsen würde. Dagegen kann man sich vorstellen, daß durch das reichliche Anthokyan dieser Spelzen das intensive Licht der hoch gelegenen Region in Wärme umgewandelt wird, daß diese Wärme zu den unter den Spelzen geborgenen Fruchtknoten gelangt und dort sowohl auf die Stoffwandlung als auch auf das Wachstum der Samen fördernd einwirkt. Mit den zahlreichen alpenbewohnenden Seggen und Simsen, welche dunkelviolette, fast schwarze Deckschuppen der Blüten haben (z. B. **Carex nigra, atrata, aterrima, Juncus Jacquinii, trifidus, castaneus**), verhält es sich nicht anders, und wahrscheinlich sind einige Farbenänderungen, welche man an den Blumenkronen der Alpenpflanzen beobachtet, auch auf die angedeutete Weise zu erklären.

Bekanntlich sind an manchen Pflanzen im Hochgebirge und im hohen Norden die Blätter der Blütenregion durch Anthokyan gebläut oder gerötet, während sie an denselben Arten in den warmen Niederungen sowie in südlichen Gegenden weiß erscheinen. Besonders auffallend sind in dieser Beziehung das Gipskraut (**Gypsophylla repens**), die Wetterdistel (**Carlina acaulis**), das bittere Schaumkraut (**Cardamine amara**), die Schafgarbe (**Achillea Millefolium**) und vorzüglich jene Doldenpflanzen, welche eine sehr weite Verbreitung zeigen und

von der Niederung bis zur Höhe von 2500 m in den Alpen vorkommen, wie namentlich **Pimpinella magna, Libanotis montana, Chaerophyllum Cicutaria** und **Laserpitium latifolium**. Da sich herausgestellt hat, daß die Blütenfarben als Anlockungsmittel für Insekten eine eminente Bedeutung haben, möchte man wohl auch in diesen Fällen an irgend eine Beziehung zum Insektenbesuche denken. Ohne eine solche Beziehung ganz ableugnen zu wollen, darf man anderseits auch die Möglichkeit nicht ausschließen, daß hier in der Blüte das Anthokyan eine ähnliche Rolle spielt wie in den Spelzen der Gräser und in den Deckschuppen der Seggen und Simsen, und daß in der kalten alpinen Region das, was an direkt zugeleiteter Wärme abgeht, durch jene Wärme ersetzt wird, welche durch Vermittelung des Anthokyans aus den Lichtstrahlen gewonnen wird. Für diese Auffassung würde auch die Erscheinung sprechen, daß mehrere Pflanzen, welche im warmen Sommer weiße Blüten entwickeln, wie z. B. **Lamium album**, im Spätherbste, wenn sie zum zweitenmal bei sehr niederer Temperatur blühen, Blumenkronen ausbilden, deren obere Seite rot überlaufen ist, und daß im Winter und an frostigen Standorten auch die Strahlenblüten mancher Korbblütler, wie z. B. des bekannten Maßliebchens (**Bellis perennis**), an jener Seite, welche im geschlossenen Köpfchen dem Himmel, im offenen Köpfchen dem Boden zugewendet ist, rot gefärbt sind.

Einfluß der Wärme auf die Gestalt und die Verbreitung der Pflanzen.

Im Hochgebirge, in der Nähe des ewigen Schnees, und überhaupt in allen jenen Gebieten, wo die Wärme den Pflanzen äußerst knapp zugemessen ist, fällt neben der reichlichen Anthokyanbildung insbesondere auch das Niedrigbleiben oder, vielleicht besser gesagt, das Anschmiegen der Pflanzen an den Boden auf. Gewöhnlich wird diese Erscheinung aus der großen Schneemenge erklärt, welche sich in jenen frostigen Höhen während des langen Winters geltend machen soll, und man glaubt, daß die Hochalpenpflanzen durch die angegebene Form und Lage ihrer Stengel und Blätter gegen die Nachteile des Schneedruckes geschützt seien. Daß der Schneedruck einen mittelbaren Einfluß auf die Gestalt und Richtung der Stengelbildungen nimmt, kann wohl nicht in Abrede gestellt werden, und es soll auf den nächsten Blättern dieser Einfluß an einem besonders lehrreichen Beispiele, nämlich an der Legföhre, ausführlicher erläutert werden; aber das Angeschmiegtsein der Hochalpenpflanzen an den Boden kann doch nur zum Teile auf diese Ursache zurückgeführt werden. Wer da glaubt, daß die Schneemassen in den Hochgebirgen mit zunehmender Seehöhe immer mächtiger und wuchtiger werden, ist in einer argen Täuschung befangen. Die Menge des gefallenen Schnees nimmt nur bis zur Seehöhe von 2500 m, also nur bis zur obern Grenze der Buschwälder aus Legföhren, Zwergwachholder, Alpenerlen und Alpenrosen, zu, von da an nimmt die Niederschlagsmenge wieder entschieden ab, und in der Seehöhe von 3000 m ist der Schnee nicht mächtiger als tief unten in den Thälern. Wo die winterliche Schneedecke im Bereiche der Gebirge die größte Mächtigkeit erreicht, ragen noch Bäume über den Boden empor, dort stehen noch Fichten, Lärchen und Zirben, und diese sind durch die große Elastizität ihrer Zweige und durch die abschüssige Richtung ihrer ältern Äste befähigt, sehr große Schneelasten zu ertragen, ohne zu bersten und geknickt zu werden. Die durch sehr verlängerte, dem Boden angepreßte Stämme und Zweige ausgezeichneten Weiden des Hochgebirges (**Salix serpyllifolia, S. retusa, Jacquiniana, reticulata**), von welchen auf S. 489 eine Abbildung eingeschaltet ist, wachsen aber noch weit über der Baumgrenze in einer Seehöhe, wo die Schneemenge schon wieder abnimmt und auf keinen Fall größer ist als in den Thälern, wo Purpur- und Lorbeerweiden, die fünfmännige und die großblätterige Weide an den Ufern der Bäche ihre geraden Stämme

mehrere Meter hoch über den Boden erheben. Auch ist zu beachten, daß die dem Boden angepreßten Holzgewächse in der Hochalpenregion sehr häufig an Steilwänden angesiedelt sind, wo der Schnee nicht gut liegen bleiben, auf keinen Fall sich mächtig aufschichten und einen Druck auf die Stämme und Zweige ausüben kann. Die zierliche thymianblätterige Weide (Salix serpyllifolia) schmiegt sich mit besonderer Vorliebe den Seitenwänden der



Alpenweiden mit dem Boden angeschmiegten Stämmen und Zweigen auf der Nordseite des Blaser in Tirol. Vgl. Text, S. 488.

Felsen an und überzieht diese mit einem förmlichen Teppiche, und der Zwergwegdorn (Rhamnus pumila) kommt ausschließlich nur an schroffen Gehängen vor, wo er in den Ritzen der schmalen Felsgesimse wurzelt und, von dort aus weiterwachsend, die senkrechten Felsenwände wie Epheu überspinnt.

In allen diesen Fällen ist von einem maßgebenden Einflusse des Schneedruckes auf die Pflanzengestalt keine Rede, und man muß sich nach einem andern Erklärungsgrunde umsehen. Sollten es nicht heftige Winde sein, welche das Aufkommen von Holzpflanzen mit aufrechten Stammbildungen in der Hochalpenregion unmöglich machen? Wenn man

die Nebel und Wolkenzüge über die Gipfel der Berge dahinjagen sieht, kann man sich wohl eine Vorstellung von der Heftigkeit der Luftströmungen machen, welche dort oben ihr Wesen treiben, und wer jemals einen Sturm auf der Schneide eines Hochgebirgskammes erlebt hat, weiß von der Wucht der gewaltigen Windstöße zu erzählen. Und dennoch wäre es irrig, zu glauben, daß die Gewalt der Stürme in den höhern Gebirgslagen eine größere sei als in der Hügelregion. Für manche Winde ist es sogar sichergestellt, daß sie sich in dem Maße verstärken, als sie von der Schneide der Bergrücken tiefer ins Thal herabstürzen. Der Föhn in den Alpen ist häufig in den Höhen nur als ganz schwacher Wind wahrzunehmen, beschleunigt aber seine Geschwindigkeit in dem Grade, als er gegen das Thal fortschreitet, und kann dann, unten angekommen, als Orkan seine zerstörenden Wirkungen ausüben. Würden daher die Holzpflanzen an den Lehnen des Hochgebirges der Stürme wegen keinen aufrechten Wuchs zeigen können, so müßten auch die angrenzenden Thäler der aufrecht stehenden Bäume entbehren, was aber bekanntlich nicht der Fall ist.

Das Anschmiegen der Holzpflanzen an den Boden in der Hochalpenregion ist auch weder als Anpassung an den Schneedruck noch an die Stürme aufzufassen, sondern hat seinen Grund vorzüglich darin, daß in der Hochalpenregion der Boden verhältnismäßig viel wärmer ist als die Luft, und daß die dem Boden anliegenden Gewächse sich diese höhere Wärme des Bodens zu nutze machen. Durch zahlreiche Messungen in verschiedenen Höhen der Tiroler Zentralalpen wurde von mir ermittelt, daß sich die mittlere Bodentemperatur im Vergleiche zur mittlern Lufttemperatur eines Ortes erhöht:

bei 1000 m um 1,5°		bei 1900 m um 3,0°
„ 1300 m „ 1,7°		„ 2200 m „ 3,6°
„ 1600 m „ 2,4°		

daß also der Boden im Vergleiche zur Luft desto wärmer ist, je höher man an den Berggehängen emporkommt. Die Erde absorbiert zwar allerwärts die Sonnenstrahlen in viel höherm Maße als die Luft, daß sich aber der Wärmeüberschuß des Bodens gegenüber der Luftwärme mit zunehmender Seehöhe so auffallend vergrößert, ist dadurch begründet, daß in der Richtung nach oben die Intensität der Sonnenstrahlung wächst. Daß dies geschieht, erklärt sich aber wieder daraus, daß die Luftschichten, welche die Sonnenstrahlung absorbieren, mit der Erhebung über das Meeresniveau weniger mächtig sind, oder, um einen geläufigern Ausdruck zu gebrauchen, daß die Luft in der Höhe dünner ist als in den tiefern Regionen. Bekanntlich absorbiert auch der Wasserdampf der Luft die Sonnenstrahlung, und da der Wasserdampf mit der Höhe rascher abnimmt, als man aus der Abnahme des Luftdruckes allein schließen möchte, so wächst auch dadurch die Intensität der Sonnenstrahlung mit zunehmender Seehöhe. Man hat berechnet, daß die Intensität der Sonnenstrahlung auf dem Gipfel des Montblanc (4810 m) um 26 Prozent größer ist als im Niveau von Paris, und daß in einer Seehöhe von 2600 m die chemische Intensität der Sonnenstrahlung noch um 11 Prozent größer ist als im Meeresniveau. Alles, was durch die Sonnenstrahlung gefördert wird, tritt dem entsprechend in den höhern Regionen eines Gebirges verhältnismäßig sehr auffallend hervor, und insbesondere der bestrahlte Boden zeigt Temperaturen von überraschender Höhe. Auf dem Pic du Midi (2877 m) stieg an heitern Septembertagen die Temperatur des besonnten Bodens auf 33,8°, während die Luft nur 10,1° zeigte, und es ergab sich, daß die Erwärmung des Bodens auf dem genannten Gipfel nahezu doppelt so groß war wie in dem um 2326 m tiefer liegenden Bagnères. Auf dem Diavolezza (Schweiz) zeigte in der Seehöhe von 2980 m das besonnte Schwarzkugelthermometer im Vakuum 59,5° bei gleichzeitiger Schattentemperatur von 6,0°. Im Himalaja zeigt in Höhen von über 3000 m das geschwärzte Thermometer in der Sonne häufig 40—50° über der Schattentemperatur, und einmal stand um 9 Uhr

vormittags das geschwärzte Thermometer auf 55,5°, während die gleichzeitige Temperatur des beschatteten Schnees daneben —5,6° betrug. In Leh (Tibet), bei 3517 m, stieg ein geschwärztes Thermometer im Vakuum sogar auf 101,7°, das ist fast um 14° höher als der Siedepunkt des Wassers, welcher in jenen Höhen nur noch 88° beträgt.

Daß sich unter solchen Verhältnissen in der Hochgebirgsregion die wärmebedürftigen wachsenden Pflanzen an den Boden anschmiegen, ist begreiflich, oder richtiger gesagt, es ist begreiflich, daß dort oben sich nur solche Pflanzen dauernd zu erhalten im stande sind, welche die ausgiebigste aller Wärmequellen möglichst gut ausnutzen, sich sozusagen ein warmes Lager aufsuchen, sich mit ihren Stämmen und Zweigen dem besonnten Gesteine und dem schwarzen, die Felsritzen erfüllenden und überdeckenden Humus anlegen. Gewächse, in deren Eigenart es liegt, daß sie mit ihren holzigen Stämmen in den Luftozean gerade emporwachsen, würden in der Hochalpenregion viel kümmerlicher fortkommen und schließlich von den besser gedeihenden, dem relativ warmen Boden angeschmiegten Arten verdrängt werden.

Die Zunahme des Überschusses der Bodentemperatur über die Lufttemperatur mit zunehmender Seehöhe gibt sich übrigens auch noch in einer andern Erscheinung kund, welche oftmals beobachtet und besprochen, aber nicht immer auch richtig gedeutet wurde. Das Heidekraut (Calluna vulgaris), welches von den Niederungen am Fuße der Alpen bis in die Hochalpenregion verbreitet ist, blüht an der Küste des Meeres bei Moschienizze in Istrien im Durchschnitte Ende Juli auf; in den Thälern der Alpen, deren Sohle auf 1000 m Seehöhe zu liegen kommt, öffnet es Ende August seine ersten Blüten, und es beträgt daher die Verspätung der Blütenentwickelung bei dieser Pflanze auf 1000 m etwas über einen Monat. Nun sollte man glauben, daß das Heidekraut in der Seehöhe von 2000 m erst Ende September zur Blüte kommen würde, was aber nicht der Fall ist; denn schon vor Mitte des Septembers sieht man an den Schieferbergen der Zentralalpen bei 2000 m das an den Boden angeschmiegte Heidekraut in voller Blüte. Aus dem Vergleiche der Zeitpunkte des Aufblühens der im Innsbrucker botanischen Garten kultivierten Hochalpenpflanzen mit den Zeitpunkten, in welchen dieselben Pflanzenarten in verschiedenen Höhenlagen auf den benachbarten Bergen ihre Blüten öffneten, hat sich auch ergeben, daß die Verspätung des Aufblühens von 500 auf 1000 m Seehöhe im Mittel 25 Tage, von 1500 auf 2000 m im Mittel 18 Tage und von 2500 auf 3000 m im Mittel nur 14 Tage beträgt, was man füglich nur auf Rechnung der in den höhern Regionen weit intensivern Sonnenstrahlung und der dadurch bewirkten Erhöhung der Bodentemperatur über die Lufttemperatur bringen kann. Es muß zur Ergänzung der hier mitgeteilten Beobachtungen noch erwähnt werden, daß alle Pflanzen in den tiefern Regionen größere Blätter und höhere Stengel entwickeln als in den höhern Gebirgslagen. Während das Heidekraut (Calluna vulgaris) an der Küste des Meeres in Istrien ansehnliche Büsche mit aufrechten Zweigen bildet, erscheinen die Stöcke derselben Art an den Gehängen des Hochgebirges bei 2000 m Seehöhe als niedere Sträuchlein, deren holzige Stämme dem Boden anliegen und teilweise in den schwarzen Humus eingebettet sind.

Aus der Wirkung der Sonnenstrahlung erklärt sich auch der große Gegensatz, welchen die Pflanzenwelt an den nach verschiedenen Weltgegenden abdachenden Gehängen eines Gebirges zeigt. An den von den Sonnenstrahlen direkt getroffenen Abdachungen erhöht sich die Temperatur des Bodens und mittelbar auch jene der darüber ausgebreiteten Luftschicht weit mehr als an den schattigen Gehängen, und es können sich demzufolge selbst in nächster Nähe sehr bemerkenswerte Unterschiede herausstellen. Die bei Innsbruck in Tirol drei Jahre hindurch vorgenommenen Beobachtungen der Bodentemperatur in 80 cm Tiefe rings um einen isolierten kegelförmigen Sandhügel in den acht Hauptpunkten des Kompasses haben folgende Mitteltemperaturen ergeben:

Nord	Nordost	Ost	Südost	Süd	Südwest	West	Nordwest
15,3°	17,0°	18,7°	20,0°	19,3°	18,3°	18,5°	15,0°

Der Unterschied von Südost und Nordwest beträgt hiernach nicht weniger als 5°, und es ist wahrscheinlich, daß er sich in größern Höhen noch bedeutend steigern wird. Hiermit hängt aber auch das Steigen und Fallen der obern Pflanzengrenzen an den verschiedenen Abdachungen eines Berges zusammen. An den lange besonnten Gehängen rücken die Pflanzen viel weiter nach aufwärts vor als an den beschatteten oder den nur während kurzer Zeit von den Sonnenstrahlen getroffenen Seiten des Berges, und der Unterschied der obern Grenze an der Nord- und Südseite schwankt in der Hochgebirgsregion gewöhnlich zwischen 200 und 300 m. Auch daß Pflanzenarten an der Nordseite schon bei 2000 m eine obere Grenze finden, während sie an der Südseite noch bis 2400 m angetroffen werden, kommt nicht selten vor. Dabei fällt auf, daß der Gegensatz zwischen den obern Grenzen der Pflanzen an der Nord- und Südseite desto größer wird, je höher man ins Gebirge hinaufsteigt. Ein Vergleich der Buche und Fichte ist in dieser Beziehung sehr interessant. Die Buchenbäume (Fagus silvatica) finden in den nordtiroler Kalkalpen im Mittel ihre obere Grenze in der Seehöhe von 1430 m, an der Sonnenseite der Berge erhebt sich die Buchengrenze 149 m über das Mittel, während sie an der Schattenseite 112 m unter dem Mittel zurückbleibt, wonach also der Unterschied zwischen Sonnen- und Schattenseite für die Buche 261 m beträgt. Die Fichtenbäume (Abies excelsa) finden in dem gleichen Gebiete im Mittel ihre obere Grenze in der Seehöhe von 1777 m; an der Sonnenseite der Berge erhebt sich die Fichtengrenze 185 m über das Mittel, während sie an der Schattenseite 125 m unter dem Mittel zurückbleibt, wonach also der Unterschied zwischen Sonnen- und Schattenseite für die Fichte 310 m beträgt. Während demnach in dem Höhengürtel von 1300 bis 1600 m der Unterschied zwischen Schatten- und Sonnenseite nur 261 m beträgt, stellt sich derselbe in dem Höhengürtel von 1600 bis 1900 m auf 310 m, was wohl gleichfalls nur auf Rechnung der mit zunehmender Seehöhe gesteigerten Intensität der Sonnenstrahlung gebracht werden kann.

Aus dem allem ist zu ersehen, wie sich die Pflanzenwelt genau den gegebenen Wärmeverhältnissen anschmiegt, wie sie den kleinsten Vorteil, der ihr an irgend einem Orte geboten ist, ausnutzt, und wie sehr die Gestalt der Pflanzen von den Wärmeverhältnissen des Standortes abhängt.

Daß auch die Verbreitung der Pflanzen über die Erde mit der Verteilung der Wärme im innigsten Zusammenhange steht, dürfte aus den obigen Mitteilungen gleichfalls zur Genüge hervorgehen. Es wird sich im zweiten Bande des „Pflanzenlebens“ noch Gelegenheit bieten, diesen Zusammenhang eingehender zu besprechen. An dieser Stelle soll nur noch erwähnt werden, daß sich aus den örtlichen Wärmeverhältnissen, namentlich aus der durch Sonnenstrahlung an beschränkten Stellen in Gebirgsgegenden bewirkten Erhöhung der Bodentemperatur, auch die Erhaltung von Pflanzenkolonien aus frühern wärmern Perioden erklärt. Die meisten mitteleuropäischen Berggelände, vor allen die nördlichen Kalkalpen, zeigen an beschränkten Stellen Pflanzenarten zusammengehäuft, welche in der nächsten Umgebung vollständig fehlen, sich auch über den engen Kreis ihres begrenzten Standortes jetzt nicht mehr verbreiten, obschon sie keimfähige Samen ausreifen, und die erst einen oder zwei Breitengrade südlicher wieder in größerer Menge angetroffen werden. Es ist ausgeschlossen, daß diese Pflanzen an ihre vereinsamten Standorte durch den Wind oder durch andre Verbreitungsmittel erst in historischer Zeit gelangt sind, und alles spricht dafür, daß sie die Reste einer Vegetation darstellen, welche in längst verflossenen Zeiten auch über die dem beschränkten Standorte zunächst liegenden Gelände allgemein verbreitet war, sich aber von dort zufolge des inzwischen eingetretenen rauhern Klimas zurückgezogen hat, beziehentlich ausgestorben und durch eine

andre Pflanzenwelt ersetzt worden ist. Daß sich solche Findlinge an einzelnen Bergabhängen, oft nur in einer kleinen, steil ansteigenden Schlucht oder an einer einzigen Felswand, auch in der inzwischen eingetretenen kältern Periode erhalten konnten, findet seine Erklärung darin, daß in den Gebirgen an ganz beschränkten Stellen Wärmeverhältnisse herrschen können, die von jenen der Umgebung sehr abweichen und erst einen Breitengrad südlicher allgemein zur Geltung kommen. Die Südabdachung der Solsteinkette zwischen Hall und Zirl in Nordtirol beherbergt an beschränkter Stelle die Hopfenbuche und den Blasenstrauch (Ostrya carpinifolia und Colutea arborescens), aus dem Gerölle erhebt sich eine mannshohe Doldenpflanze, die seltsame Tommasinie (Tommasinia verticillaris), die Felsterrassen sind mit Pfriemengras und Rauhgras, mit dem niederliegenden Seifenkraute und dem Bartklee (Stipa pennata, Lasiagrostis Calamagrostis, Saponaria ocymoides, Dorycnium decumbens) überwachsen, und an einzelnen Punkten könnte man meinen, in die warmen Gefilde jenseit der Alpen um einen Breitengrad weiter nach Süden versetzt zu sein. Ohne Frage sind die genannten Pflanzenformen an den wärmsten, geschütztesten Plätzen der Solsteinkette aus uralter wärmerer Zeit zurückgeblieben und waren früher auch noch über die angrenzenden Bergzüge allgemein verbreitet. Diese flüchtigen Bemerkungen sollen zeigen, daß auch für Spekulationen über die Geschichte unsrer Pflanzenwelt die genaue Kenntnis der Beziehungen der Wärme zu den einzelnen Pflanzenarten wichtige Behelfe zu liefern im stande ist.

Schutzmittel wachsender Pflanzen gegen Wärmeverlust.

Wenn gewissen Ausbildungen der Pflanze die Aufgabe zukommt, die äußern Verhältnisse möglichst auszunutzen, damit den wachsenden Teilen die Wärme in dem zeitweilig benötigten Ausmaße zukommt, so ist auch zu erwarten, daß es nicht an Einrichtungen fehlen wird, welche gegen ein Übermaß von Wärme schützen, und daß auch Vorsorge getroffen ist, damit die einmal gewonnene Wärme nicht wieder verloren geht. Es würde der Ökonomie der Pflanze nicht entsprechen, wenn ein an der Sonne stehender Pflanzenstock alle Wärme, welche er im Laufe des Tages gewonnen hat, in der darauf folgenden Nacht durch Ausstrahlung wieder einbüßen müßte. Das Wachstum erfolgt bekanntlich auch im Laufe der Nacht, ja gewisse Pflanzenteile wachsen sogar in der Nacht mehr als am Tage, und es würde für sie ein zu weit gehender Wärmeverlust in der Nacht vom entschiedensten Nachteile sein.

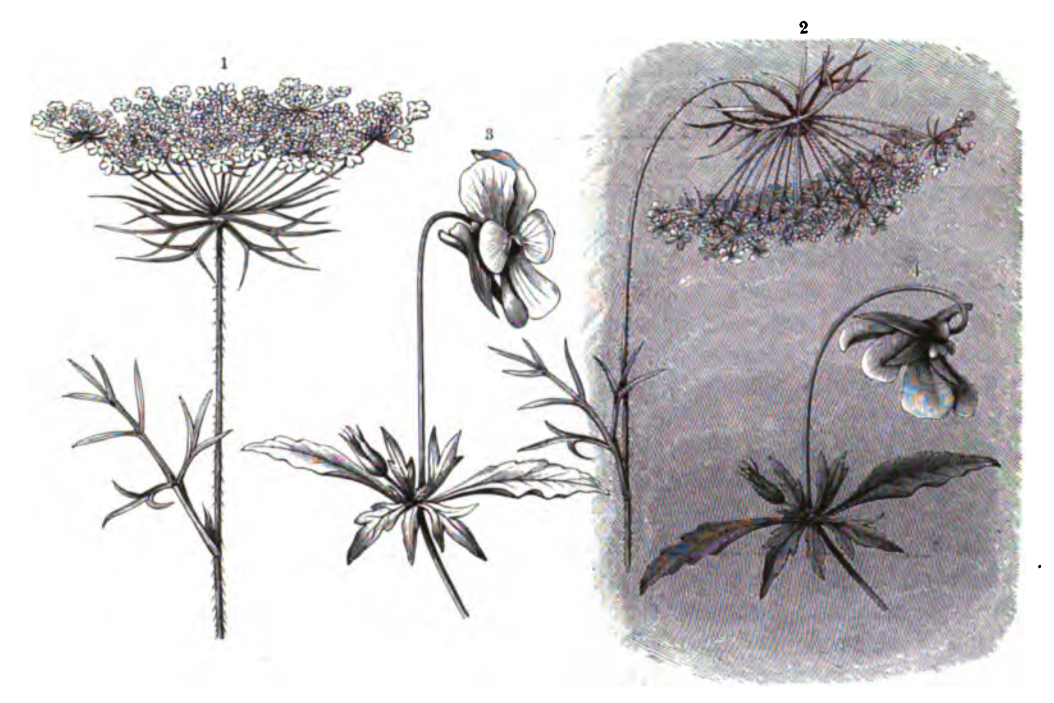
In der That fehlt es nicht an Einrichtungen, welche dazu dienen, die Pflanzen vor einem zu weit gehenden Verluste der einmal gewonnenen Wärme zu schützen. Dieselben fallen zum guten Teile mit denjenigen zusammen, welche die Transpiration der Pflanzen regulieren, wurden auch schon an der betreffenden Stelle eingehend gewürdigt, und es kann daher hier auf die einschlägige Besprechung verwiesen werden. Diejenigen Ausbildungen aber, welche als Schutzmittel gegen die Gefahren eines übermäßigen Wärmeverlustes ein besonderes Interesse beanspruchen, und bei welchen die Beziehungen zur Transpiration gar nicht oder doch nur in zweiter Linie hervortreten, sind im nachfolgenden übersichtlich zusammengestellt.

Zunächst ist in dieser Beziehung der Blüten zu gedenken, welche verhältnismäßig sehr rasch wachsen, deren Teile dabei viel Wärme beanspruchen, für welche aber manche Einrichtungen, die bei Laubblättern am Platze sein mögen, als Schutzmittel gegen Wärmeverlust nicht gut passen, weil dadurch andre den Blüten gestellte Aufgaben eine Beeinträchtigung erfahren würden. Und doch bedürfen gerade die Blüten wegen ihrer großen Empfindlichkeit gegen Wärmeverlust mehr als andre Pflanzenteile eines ausgiebigen Schutzes.

Wenn im Frühlinge die schon aus dem Boden hervorgekommenen und blühenden Schneeglöckchen von einem Froste überrascht werden, so sinken die Blütenstengel und die Laubblätter wie verwelkt um, während die Blüten äußerlich keine Veränderung zeigen. Wer das sieht, möchte glauben, daß die grünen Stengel und Blätter Schaden gelitten, die Blüten dagegen ohne Nachteil die Katastrophe überstanden hätten. Aber gerade das Umgekehrte ist der Fall. Die Stengel und Blätter richten sich bei wiederkehrender Wärme wieder straff empor und wachsen weiter, der Blütenstaub in den Antheren der Blüten aber ist verdorben; auch die Fruchtknoten, Griffel und Narben sind so verändert, daß sie welken und verschrumpfen, und es kommt selbstverständlich dann auch nicht zur Ausbildung von reifen Samen. Es wurde auch beobachtet, daß sich der Blütenstaub in den Antheren dann am besten ausbildet, wenn die betreffenden Blütenknospen von den Sonnenstrahlen gut durchwärmt werden, und wenn sich die zur Blüte kommende Pflanze an einem offenen, freien, den Sonnenstrahlen zugänglichen Standorte befindet. Auch die Blätter der Blumenkronen entwickeln sich an solchen Standorten weit besser als an schattig-kühlen Plätzen, sie werden größer, zeigen viel lebhaftere Farben und werden darum auch von Insekten häufiger aufgesucht als jene, welchen nur wenig Licht und Wärme zukommt. Gerade an offenen, nicht beschatteten Standorten ist nun aber die Gefahr vorhanden, daß die Blüten und Blütenknospen die Wärme, welche sie tagüber gewonnen haben, über Nacht durch Strahlung wieder verlieren, ja daß infolge des starken Wärmeverlustes die Ausbildung des Blütenstaubes in den noch geschlossenen Antheren beeinträchtigt wird, und daß endlich auch die Kronenblätter in ihrem Wachstume und ihrer Funktion gestört werden. Um das zu vermeiden, sind in vielen Fällen die Blütenknospen und auch die geöffneten Blüten hängend, glockenförmig und röhrenförmig, oder aber es wölben sich Blätter in Gestalt eines Helmes, einer Kapuze oder eines Schirmes über die Staubgefäße und Fruchtknoten, wodurch dann die genannten innern Teile der Blüte wie in einer Nische oder Aushöhlung geborgen sind. In diesen verborgenen Winkeln sind sie gegen Wärmeverlust verhältnismäßig gut geschützt, und es findet wenigstens eine Ausstrahlung der Wärme gegen den Nachthimmel von den Antheren und Narben selbst nicht statt. Nur die Hüllen, welche sich über die Staubgefäße und Stempel als schützendes Dach ausspannen, verlieren während der Nacht einen großen Teil der untertages gewonnenen Wärme; diese werden aber dadurch nicht so sehr gefährdet, sie haben bereits ihre normale Größe erreicht und bedürfen der Wärme nicht zum weitern Wachstume, auch sind sie häufig mit luftgefüllten Haarbildungen bekleidet, mit trocknem, häutigem Saume umgeben oder ganz in trockne, pergamentartige oder papierartige Schuppen umgewandelt, in welchem Falle sie infolge des Wärmeverlustes keinen weitern Schaden erleiden können. Die Luft in den überhängenden Glockenblumen ist selbst am Morgen vor Sonnenaufgang noch um 1—2 Grad wärmer als die Temperatur der umgebenden Luft, sie erhält sich hier, wie unter einer Sturzglocke abgesperrt, ziemlich unverändert die Nacht hindurch, was jedenfalls den dort geborgenen wärmebedürftigen Antheren und Narben sehr zu statten kommt.

In vielen Fällen nehmen die Blütenknospen und jungen Blüten nur periodisch eine gestürzte Lage an, nämlich nur dann, wenn eine kalte Nacht zu erwarten ist. Besonders auffallend sind in dieser Beziehung mehrere Doldenpflanzen, namentlich die Sicheldolde (Falcaria Rivini) und die Arten der Gattungen Bibernell (z. B. Pimpinella magna und saxifraga) und Möhre (z. B. Daucus Carota und maximus). Kaum ist die Sonne hinabgesunken, so beugen sich an allen diesen Arten die Stengel, welche junge Blütendolden tragen, hakenförmig um, so daß die Blütenknospen, welche tagüber der Sonne zugewendet waren, jetzt gegen die Erde sehen und die fein zerspaltenen Hüllblätter sich wie ein Schirm über der nickenden Dolde ausbreiten. Diese fein gespaltenen Hüllen strahlen

in der Nacht Wärme aus, ohne Nachteil zu erleiden, die unter ihnen befindlichen Blütenknospen dagegen sind in der geschilderten Weise gegen die für sie verderbliche nächtliche Strahlung geschützt, und es bleibt ihnen die am Tage aufgenommene Wärme wenn auch nicht vollständig, so doch größtenteils erhalten. Mit dem nächsten Sonnenaufgange heben sich die jungen Dolden rasch empor; die hakenförmigen Stiele der Dolden richten sich straff auf, und die Blütenknospen sind wieder der Sonne ausgesetzt, wie das an der hier eingeschalteten Abbildung der gemeinen Möhre (Daucus Carota), Fig. 1 und 2, zu sehen ist. Später, wenn einmal die Befruchtung stattgefunden hat und die jungen Früchte sich ausbilden, ist die Notwendigkeit, die Staubgefäße und Narben gegen Ausstrahlung zu schützen, nicht mehr



Periodisches Nickendwerden der Blüten und Blütenstände: 1. Die Dolde der Möhre in der Tagstellung. — 2. Dieselbe Dolde in der Nachtstellung. — 3. Die Blüte des Stiefmütterchens in der Tagstellung. — 4. Dieselbe Blüte in der Nachtstellung.

vorhanden, und es unterbleibt dann auch das periodische Nickendwerden der Dolden mit hereinbrechendem Abende. Ähnlich wie die genannten Doldenpflanzen verhalten sich auch die jungen Blütenköpfchen mehrerer Skabiosen (z. B. Scabiosa lucida und Columbaria) und auch die einzelnen Blüten des Stiefmütterchens (Viola tricolor), welch letztere in ihrer Lage bei Tag und Nacht in der obigen Abbildung, Fig. 3 und 4, neben den Dolden der Möhre dargestellt sind. Bei zahlreichen Korbblütlern, Lippenblütlern und Wegerichen (z. B. **Leontodon hastilis, Mentha silvestris, Plantago media, recurvata** und **maritima**) findet keine so regelmäßige periodische Bewegung statt, da sieht man die Köpfchen und Ähren immer überhängend, wenn die Blüten noch in Knospen sind, und sie verbleiben in dieser Lage, insolange es für sie von Vorteil ist. Erst später, wenn der nächtliche Wärmeverlust den Antheren und Narben keinen Nachteil mehr bringen kann, oder wenn sich andre Schutzmittel inzwischen ausgebildet haben, richten sich die Achsen der Blütenstände straff empor. Bei vielen Korbblütlern neigen nach Sonnenuntergang die Hüllblätter des Köpfchens oder die randständigen, zungenförmigen Blüten, bei andern Familien die Kelchblätter und Kronenblätter

über den Staubgefäßen und Stempeln zusammen. Sie bilden dann ein schützendes Dach, unter dem sich die Temperatur der Luft verhältnismäßig langsam ändert, und unter welchem die empfindlichen Antheren und Narben gegen Ausstrahlung gesichert sind.

Es muß übrigens ausdrücklich bemerkt werden, daß, abgesehen von den oben genannten Doldenpflanzen und einigen Skabiosen, in den meisten andern Fällen neben dem geschilderten Vorteile auch noch andre, später zu besprechende Vorteile durch diese Lageänderungen erzielt werden, daß insbesondere der Schutz des Blütenstaubes gegen Tau und Regen mit diesem Nickendwerden und Schließen der Blüten im Zusammenhange steht.

Eine sehr auffallende, gegen den Wärmeverlust durch nächtliche Strahlung schützende Einrichtung beobachtet man auch an den **Keimlingen der Samenpflanzen** und zwar denjenigen, welche zwei Samenlappen oder Kotyledonen (vgl. S. 10 und 12) besitzen. Solange der Keimling, von schützenden Häuten umgeben, scheintot im Samen ruht, sind die zwei Samenlappen mit ihrer obern Seite aufeinander gelegt; später, wenn die Keimung stattgefunden, wenn das Würzelchen in die Erde eingedrungen und die Samenhülle abgestoßen ist, rücken die beiden Samenlappen auseinander, kehren die obere Seite dem Himmel zu, und es ist jetzt der oberirdische Teil des Keimlinges einem aufgeschlagenen Buche vergleichbar. In dieser Lage sind die Breitseiten der Samenlappen den Sonnenstrahlen ausgesetzt, werden auch möglichst durchleuchtet und durchwärmt, und es kann in ihnen, wenn sie grün gefärbt sind, die Bildung organischer Stoffe aus unorganischer Nahrung stattfinden. Solche Kotyledonen sieht man manchmal auch an Umfang zunehmen und ganz so wie Laubblätter wachsen und funktionieren. Für derlei grüne Kotyledonen wäre es nun gewiß ein großer Nachteil, wenn sie die im Laufe des Tages empfangene Wärme in der folgenden Nacht wieder teilweise, ja vielleicht ganz verlieren müßten. Zumal in Gegenden, wo die Mehrzahl der Samen bei niederer Temperatur nach Ablauf des Winters, in einer Zeit, in welcher die Nächte noch lange dauern, keimt, muß mit der Wärme thunlichst gespart werden, muß insbesondere der Wärmeverlust durch nächtliche Strahlung aus den Kotyledonen vermieden sein. Das geschieht nun dadurch, daß sich die gleich den Blättern eines Buches auseinander geschlagenen und mit ihren Breitseiten dem Himmel zugewendeten Kotyledonen nach Untergang der Sonne aneinander legen und wieder jene Lage annehmen, welche sie seinerzeit im ruhenden Samen innehatten. Dadurch sind jetzt beide Kotyledonen mit ihren schmalen Rändern dem Himmel zugewendet, und der Wärmeverlust durch nächtliche Strahlung ist auf ein möglichst geringes Maß herabgesetzt. Es wird durch diese Bewegung der Kotyledonen, die an wolkenlosen Abenden und an offenen Standplätzen auf freiem Felde rascher als bei bedecktem Himmel und an Orten, die von dem Gezweige der Bäume überwölbt werden, stattfindet, auch noch der Vorteil erreicht, daß die kleinen Laubblättchen, welche an der ersten Anlage des Stengels zwischen den Kotyledonen sichtbar werden, über Nacht zugedeckt sind. Kommt dann der Morgen, und ist die Gefahr des übergroßen Wärmeverlustes vorüber, so klappen die Kotyledonen wieder auseinander, um sich neuerdings in den wärmenden Strahlen so ausgiebig wie möglich zu sonnen.

Man beobachtet dieses Auf- und Zuklappen der Kotyledonen besonders schön bei den Klee- und Hornkleearten (Trifolium und Lotus), bei allen Mimoseen und Bauhinien und zahlreichen andern Hülsengewächsen, weiterhin bei den Sauerkleearten (z. B. Oxalis Valdiviana, rosea, sensitiva), bei den Kürbissen, Gurken und Melonen, bei der Sonnenrose (Helianthus annuus) und dem Paradiesapfel (Solanum Lycopersicum), bei den Arten von Mimulus und Mirabilis, dem Raden (Agrostema Githago), der Sternmiere (Stellaria media) und noch vielen andern.

Durch ähnliche Lageänderungen, wie sie die Kotyledonen zeigen, sind in vielen Fällen auch die sogenannten **zusammengesetzten Blätter** gegen nächtliche Strahlung geschützt.

Man versteht unter zusammengesetzten Laubblättern solche, die an einem gemeinsamen Stiele Teilblättchen in fiederförmiger oder strahliger Anordnung tragen, und unterscheidet von den erstern die einfach und die doppelt zusammengesetzten Formen, je nachdem der gemeinsame Blattstiel nur in einen einzigen Träger der Blättchen sich fortsetzt (s. untenstehende Abbildung, Fig. 5) oder sich in mehrere solche Träger teilt (Fig. 1), während man von den letztern je nach der Zahl der am Ende des gemeinsamen Blattstieles strahlenförmig



Lageänderungen der Teilblättchen zusammengesetzter Blätter: 1. Blatt der Mimosa Lindheimeri in der Tagstellung, von oben gesehen. — 2. Dasselbe in der Nachtstellung. — 3. Blatt der Amorpha fruticosa in der Tagstellung. — 4. Dasselbe in der Nachtstellung. — 5. Blatt der Coronilla varia in der Tagstellung. — 6. Dasselbe in der Nachtstellung. — 7. Blatt des Tetragonolobus siliquosus in der Tagstellung. — 8. Dasselbe in der Nachtstellung.

gruppierten Teilblättchen dreizählige (s. obenstehende Abbildung, Fig. 7), vierzählige, fünfzählige ꝛc. unterscheidet. Diese zusammengesetzten Blätter sind nun in einigen Fällen, deren bereits S. 313 gedacht wurde, während der milden Nächte ausgebreitet, im heißen Sonnenbrande des Mittags dagegen zusammengezogen. In der weitaus größten Mehrzahl der Fälle, zumal an den Arten, deren Standort in der Nacht starker Abkühlung ausgesetzt ist, wird aber das Gegenteil beobachtet. Im Sonnenscheine sind die Flächen der Teilblättchen dem Boden mehr oder weniger parallel gelagert, die obere Seite derselben ist dem Himmel zugewendet und wird von den Sonnenstrahlen voll und ganz getroffen. Bliebe diese Lage auch noch nach Sonnenuntergang erhalten, so müßten die Flächen der Blättchen viel Wärme

durch Strahlung gegen den Nachthimmel abgeben. Um das zu vermeiden, schlagen sich die Teilblättchen nach aufwärts oder abwärts und stellen sich sozusagen auf die Schneide. Dadurch werden ihre Breitseiten vertikal und sind in dieser Lage so gut wie möglich vor der Ausstrahlung der Wärme gegen den Nachthimmel geschützt.

Zum Vollzuge dieser Bewegungen finden sich an der Basis der betreffenden Teilblättchen und manchmal auch an der Basis der gemeinsamen Blattstiele eigentümliche saftreiche Zellgewebe von gedunsenem, gewulstetem, knotenförmigem oder walzenförmigem Ansehen, die man mit dem Namen Gelenkknoten oder **Gelenkwülste** belegt hat, und die sich häufig wie kurze, dicke Blattstielchen ausnehmen. Jeder Gelenkwulst besteht aus parenchymatischen, dünnwandigen Zellen, und diese umwallen einen Strang aus zusammengedrängten Gefäßbündeln, welcher in seinem weitern Verlaufe zur Mittelrippe des dem Gelenkwulste aufsitzenden Teilblättchens wird. Soweit dieser Strang von dem Gelenkwulste umgeben ist, sind seine Teile geschmeidig, sehr biegsam und nicht verholzt, darüber hinaus verliert er diese Eigenschaften, wird steif und fest und bildet gleichsam den Grundpfeiler des ganzen Blättchens, so zwar, daß Lageänderungen der Mittelrippe von dem ganzen Blättchen mitgemacht werden.

Um sich nun klar vorzustellen, wie durch Vermittelung der Gelenkwülste eine Bewegung der von ihnen getragenen Blättchen stattfindet, denke man sich einen geradlinigen Stab, der nur an der Basis biegsam und dort zwischen zwei Druckfedern eingeklemmt ist. Der von den beiden Federn ausgehende Druck sei gleich stark, und der Stab werde dadurch in aufrechter Stellung erhalten. Läßt der Druck der Feder an der einen Seite nach, so wird der Stab sich neigen müssen und zwar in der Richtung des verminderten Druckes. Stellt sich später der gleichmäßige Druck beider Federn wieder her, so wird der Stab seine ursprüngliche aufrechte Lage neuerdings einnehmen. Denkt man sich nun statt des Stabes ein Blättchen, welches von der stabartigen Mittelrippe, beziehentlich von dem oben erwähnten Gefäßbündelstrange durchzogen ist, und statt der beiden Druckfedern zwei gegenüberliegende Hälften eines turgeszierenden Zellgewebes, so wird bei gleicher Spannung des der Basis des Stranges angelagerten parenchymatischen Gelenkwulstes das Blättchen aufrecht stehen; sobald aber infolge vermehrten Wasserzuflusses der Turgor der Zellen an der einen Hälfte des Gelenkwulstes zunimmt, diese Hälfte sich verlängert, ausbaucht, konvex wird und einen stärkern Druck ausübt als die gegenüberliegende Hälfte, so gestaltet sich diese letztere konkav und wird stark zusammengedrückt, der zwischen beide Wulsthälften eingelagerte geschmeidige Teil des Gefäßbündelstranges aber wird gekrümmt, und das Blättchen, dessen steife Mittelrippe die Fortsetzung des gekrümmten Gefäßbündelstranges bildet, wird sich nach der Seite der konkav gewordenen Hälfte des Gelenkwulstes überneigen. Findet die Zunahme des Turgors abwechselnd bald in der einen, bald in der andern Hälfte des Gelenkwulstes statt, so wird sich auch das Blättchen bald der einen, bald der andern Seite zuneigen, und hat der Träger der Blättchen eine wagerechte Lage, so wird ein abwechselndes Heben und Senken der Blättchen zu stande kommen. Dabei ist zu bemerken, daß das Blättchen selbst sich eigentlich ganz passiv verhält, und daß die Druckkräfte, welche hier wirksam sind, nur in dem Gelenkwulste ihr Spiel treiben.

Die gewöhnlichste Anregung zur periodischen Änderung des Turgors in den Gelenkwülsten ist die Abnahme des Lichtes und der Wärme nach Sonnenuntergang, und da das dadurch bewirkte Heben und Senken der Blättchen mit dem Aufsuchen der nächtlichen Schlafstätten von seiten der Vögel und andrer Tiere zusammenfällt, so hat man die besprochene Erscheinung auch als **Schlaf der Pflanzen** gedeutet und bezeichnet.

Die Schnelligkeit, mit welcher sich die Bewegung der Blättchen vollzieht, ist an verschiedenen Pflanzen sehr verschieden, auch an derselben Art erfolgt sie bald rascher, bald

langsamer nach Maßgabe äußerer Einflüsse. Alle Umstände, welche den Turgor in den Pflanzenzellen steigern, haben auch eine Beschleunigung der Bewegungen zur Folge. Inwiefern Licht und Dunkelheit auf die Turgeszenz der Gelenkwülste Einfluß nehmen, ist ein noch ungelöstes Rätsel. Man nimmt an, daß die Verdunkelung einen verstärkten Zufluß von Wasser und eine Steigerung des Turgors in dem ganzen Gelenkwulste, jedoch in der einen Hälfte rascher als in der andern, bewirkt, während durch Lichtreiz die Protoplasten in der einen Hälfte der Zellen des Gelenkwulstes veranlaßt werden, einen Teil des in ihrem Machtbereiche liegenden wässerigen Saftes zeitweilig an die Nachbarschaft abzugeben, womit nun freilich nicht gar viel erklärt ist.

Bei einem Teile der Pflanzen, deren Blättchen bei eintretender Dunkelheit nach Sonnenuntergang eine Schlafstellung annehmen, bewegen sich die an der Basis mit Gelenkwülsten ausgestatteten Blättchen nach aufwärts, bei andern in entgegengesetzter Richtung nach abwärts. Bei den dreizähligen Blättern, als deren Vorbild das Kleeblatt dienen kann, ist die Bewegung nach aufwärts die Regel. Nach erfolgter Aufrichtung sind die Teilblättchen entweder alle drei nahezu unter rechtem Winkel gegen den Horizont gerichtet, oder das Endblättchen hat sich noch etwas mehr als die beiden seitlichen aufgebogen. Ein sehr hübsches Beispiel hierfür gibt der Schottenklee (Tetragonolobus siliquosus), welcher in der Abbildung auf S. 497 durch Fig. 7 und 8 dargestellt ist, dann Desmodium penduliflorum sowie verschiedene Arten der Gattungen Hornklee, Kopfklee, Honigklee und Schneckenklee (Lotus, Trifolium, Melilotus, Medicago). Gefiederte Blätter, deren Teile sich aufrichten und ähnlich wie die Blätter eines zugeklappten Buches aneinander legen, findet man an den zahlreichen kleinen, struppigen Mimosensträuchern Perus, von welchen eine Art, nämlich Mimosa Lindheimeri, in der Abbildung auf S. 497 durch Fig. 1 und 2 in der Tag- und Nachtstellung dargestellt ist, an der neuholländischen Acacia lophantha und mehreren andern echten Akazien, an Schrankia aculeata, an den Arten der Gattung Aeschynomene, den amerikanischen Gleditschien, weiterhin an dem neuholländischen Clianthus Dampieri und an der weitverbreiteten europäischen Kronwicke (Coronilla varia), von welch letzterer die Fig. 6 zeigt, wie sich die aufgerichteten Blättchen sehr regelmäßig paarweise aneinander legen. Ebenso häufig beobachtet man Fälle, wo sich die Teile gefiederter oder gefingerter Blätter nach Sonnenuntergang nach abwärts schlagen. Als Beispiel für diese Abteilung wurde in der Abbildung auf S. 497 das Blatt einer der zahlreichen amerikanischen Amorphen (Amorpha fruticosa), Fig. 3 und 4, eingeschaltet. Man findet solche in der Nacht herabgeschlagene Blättchen aber auch sehr auffallend an der indischen Averrhoa Carambola, an den verschiedenen Indigo- und Süßholzarten (Indigofera und Glycyrrhiza), an den Sophoren (z. B. Sophora alopecuroides), dem amerikanischen Baume Gymnocladus Canadensis und an den Robinien, von welchen Robinia Pseudacacia im Volksmunde den Namen Akazie führt und als Zierbaum allerwärts gepflanzt ist, desgleichen an dem weitverbreiteten gewöhnlichen Sauerklee (Oxalis Acetosella), vgl. Abbildung, S. 323, Fig. 8, an der indischen, fieberblätterigen Oxalis sensitiva und an zahlreichen amerikanischen Sauerkleearten.

Mit Rücksicht auf die Ausstrahlung ist es gleichgültig, ob sich die Teilblättchen aufrichten oder herabschlagen; die Hauptsache ist, daß sie ihr Profil dem Nachthimmel zuwenden, und das geschieht in allen oben erwähnten Fällen. Es ist aber am Platze, hier darauf aufmerksam zu machen, daß durch die periodische Lageänderung der Laubblattflächen neben dem Schutze gegen zu weit gehenden Wärmeverlust auch noch andre Vorteile erreicht werden sollen, und in dieser Beziehung ist es nichts weniger als gleichgültig, ob die Blättchen nach aufwärts oder abwärts zusammenklappen. Da die Vertikalstellung der Laubflächen auch ein wichtiges Schutzmittel gegen zu weit gehende Transpiration ist (vgl. S. 312), so werden auch verschiedene mit diesem Schutze zusammenhängende Verhältnisse des Blattbaues nicht

ohne Bedeutung sein. So wird z. B. der Umstand, ob die Spaltöffnungen an der obern oder untern Seite der Blättchen entwickelt sind, maßgebend, insofern nämlich, als sich regelmäßig die mit Spaltöffnungen versehenen Seiten aneinander legen. Endlich dürfte auch der Betauung ein Einfluß auf die Lageänderung der zarten Teilblättchen nicht abzusprechen sein.

Eine große Zahl von Pflanzen, deren Blättchen bei Eintritt der Dunkelheit die Schlafstellung annehmen, zeigen übrigens diese Erscheinung auch am hellen Tage, sobald sie erschüttert oder betastet werden, und zwar unter diesen Umständen viel rascher als bei Eintritt der Dunkelheit. Es genügt die leiseste Berührung mit dem Finger, ja selbst die Erschütterung durch einen mäßigen Luftstrom, um die Blättchen dieser Gewächse zusammenklappen zu machen. Für den im tropischen Indien heimischen Sauerklee **Oxalis sensitiva** ist sogar die durch die Annäherung eines Menschen erzeugte Luftbewegung hinreichend, damit die gefiederten Blättchen rasch zusammenfallen, und bei mehreren Schmetterlingsblütlern (z. B. **Smithia sensitiva** und **Aeschynomene Indica**) sowie bei mehreren Mimoseen ist es nicht anders. Entfernt man sich aus der unmittelbaren Nähe dieser Pflanzen, und tritt wieder vollständige Ruhe in der umgebenden Luft ein, so breiten sich die zusammengeklappten Blättchen wieder aus und wenden ihre obere Fläche dem Himmelslichte zu. Die Erscheinung macht ganz den Eindruck, als ob die Pflanzen durch die Annäherung des Menschen erschreckt zusammenfahren, diese Annäherung in irgend einer Weise fühlen oder empfinden würden, was die ältern Botaniker auch veranlaßte, diese Gewächse Sensitiven zu nennen.

Bei flüchtiger Betrachtung scheint es, daß an diesen Sensitiven das Zusammenklappen der Blättchen infolge von Erschütterung und das Annehmen der Schlafstellung bei Eintritt der Dunkelheit derselbe Vorgang wären; näheres Zusehen belehrt aber, daß denn doch ein wesentlicher Unterschied besteht. Äußerlich wird dieser Unterschied zunächst dadurch erkennbar, daß bei der infolge von Dunkelheit eintretenden Schlafstellung eines Blättchens der darunter befindliche Gelenkwulst ganz steif bleibt, während bei dem durch Erschütterung veranlaßten Zusammenklappen der Blättchen eine Erschlaffung der einen Hälfte des Gelenkwulstes stattfindet. An Durchschnitten der Gelenkwülste von Sensitiven findet man auch, daß in jenem Teile des Parenchyms, welcher dem geschmeidigen Gefäßbündelstrange anliegt, zahlreiche Intercellulargänge enthalten sind; auch sieht man an solchen Durchschnitten, daß die Dicke der Zellwandungen in der einen Hälfte des Gelenkwulstes dreimal so groß ist als in der gegenüberliegenden Hälfte, und daß alle diese Zellkammern durch ungemein feine Kanäle miteinander kommunizieren. Wenn man jenen Teil eines Gelenkwulstes, welcher dickere Zellwände hat, mit einer Borste berührt, so wird dadurch eine Veränderung nicht veranlaßt; sobald man aber jene Seite, die sich durch zarte Zellwände auszeichnet, noch so leise betastet, so verfärbt sich dieselbe. Sie erscheint jetzt dunkler grün, was davon herrührt, daß wässeriger Saft aus den Zellen in die Intercellulargänge hinausgepreßt worden ist. Der schwächste Druck wird demnach von den Protoplasten in diesen Zellkammern als Reiz empfunden und veranlaßt dieselben, einen Teil des ihrem Machtbereiche unterstehenden Wassers in die Umgebung zu entlassen. Dadurch wird nun der Turgor in diesem Teile des Wulstes sehr verringert, das betreffende Zellgewebe erschlafft, und in dem Maße, als diese Erschlaffung stattfindet, steigert sich der Turgor in dem Zellgewebe der gegenüberliegenden Hälfte des Blattwulstes. Es scheint auch, daß ein Teil des von dem gereizten Protoplasten abgegebenen Wassers in das gegenüberliegende Gewebe hineingepreßt und dadurch der Turgor dort noch gesteigert wird. Ein solcher Gegensatz im Turgor der beiden Hälften des Gelenkwulstes kann nicht ohne Einfluß auf den Gefäßbündelstrang sein, welcher in der Mitte des Gelenkwulstes liegt; derselbe wird in der Richtung des verminderten Turgors gekrümmt, und auch das Blättchen, dessen Mittelrippe eine Fortsetzung des erwähnten Gefäßbündelstranges ist, wird dieser Bewegung folgen.

In der freien Natur kommt allerdings eine Reizung des Protoplasmas durch Berührung des dünnwandigen Teiles am Gelenkwulste mittels eines festen Körpers nur ausnahmsweise vor. Dort wird der eben geschilderte Vorgang durch Luftströmungen und vorzüglich durch fallende Regentropfen veranlaßt. Wenige Erscheinungen nehmen sich so seltsam aus wie die Bewegungen, welche sich in dem Laubwerke des schon erwähnten sensitiven Sauerklees (Oxalis sensitiva) bei beginnendem Regen vollziehen. Nicht nur das von den ersten Tropfen unmittelbar getroffene Blättchen schlägt sich sofort nach abwärts, sondern alle die Nachbarn, wenn sie auch nicht selbst durch den Anprall fallender Wassertropfen erschüttert wurden, machen die Bewegung nach, und man wird unwillkürlich an das Kinderspiel erinnert, bei welchem der Länge nach rinnig zusammengebogene Kartenblätter in langer Reihe hintereinander aufgestellt werden und der durch einen Anstoß mit dem Finger veranlaßte Fall des äußersten Kartenblattes im Nu den Fall all der andern zur Folge hat. Aber nicht genug damit, daß durch die Erschütterung die gegenüberstehenden, bisher flach ausgebreiteten Teilblättchen nach abwärts geschlagen werden, die Bewegung setzt sich auch auf den gemeinsamen Blattstiel, der die zahlreichen kleinen Blättchen in fiederförmiger Anordnung trägt, fort, und auch dieser neigt sich infolge der in dem Gelenkwulste seiner Basis stattfindenden Turgoränderung gegen den Boden und hängt scheinbar erschlafft herab. Die Regentropfen gleiten nun über die mit ihren Spitzen gegen die Erde geneigten Blattstiele und über die herabgeschlagenen Blättchen abwärts, und kein Tropfen bleibt auf den zarten Blättern zurück.

Die Fortpflanzung des zunächst nur auf ein einzelnes Teilblättchen des zusammengesetzten Blattes ausgeübten Reizes auf die Nachbarn und auf die gemeinsamen Blattstiele, ja schließlich auf die ganze Pflanze erinnert lebhaft an den ähnlichen Vorgang in den Blättern des Sonnentaues und der Venusfliegenfalle (vgl. S. 136 und 140), sie erinnert auch an die Leitung des Reizes im Protoplasma niederer Tiere und ist wohl auf ähnliche Weise wie dort zu erklären. Wahrscheinlich sind die Protoplasten der reizbaren Zellgruppen in allen Gelenkwülsten durch unendlich zarte, die Zellwände durchsetzende Protoplasmafäden verbunden, und die durch den Reiz veranlaßte molekulare Bewegung im Protoplasma, wenn sie zunächst auch nur eine einzige Zelle erfaßt hat, pflanzt sich wie der elektrische Strom in den Telegraphendrähten über andre im genossenschaftlichen Verbande hausenden, durch die zarten Plasmafäden verketteten Protoplasten fort, in allen dieselbe Erscheinung, nämlich eine Zusammenziehung der Zellen und ein Hinauspressen von Zellsaft in die Intercellulargänge, veranlassend.

Wie die oben beschriebene Oxalis sensitiva verhalten sich auch die andern Sensitiven, nur daß die Richtung, nach welcher die Blättchen zusammenklappen, eine verschiedene ist. Die indische Äschynomene (Aeschynomene Indica), eine zierliche krautartige Pflanze mit schmetterlingsartigen Blüten und ungemein zarten, doppelt gefiederten Blättern, ebenso die indische Smithia sensitiva, die gleichfalls zu den Schmetterlingsblütlern gehört, klappen ihre Blättchen sofort nach aufwärts zusammen und senken den gemeinsamen Blattstiel zum Boden herab, sobald der erste Regentropfen eine Erschütterung hervorgebracht hat; dasselbe gilt von mehreren Mimosen (Mimosa pudica, sensitiva, casta, dormiens, humilis, viva), von welchen die zuerst genannte, in Brasilien heimische Art in der Abbildung auf S. 502 dargestellt ist. Bei diesen Mimosen ist eigentlich eine dreifache Bewegung zu verzeichnen. Zunächst klappen die kleinen Teilblättchen nach aufwärts zusammen und richten sich zugleich etwas nach vorn, so daß jedes vordere von dem nächst hintern teilweise überdeckt wird, dann rücken auch die vier Rippen oder Spindeln, welche mit den kleinen Blättchen besetzt sind, aneinander, etwa so wie Finger, welche man ausgespreizt gehalten hatte und die man nun aneinander legt, und drittens senkt sich auch noch der gemeinsame Blattstiel, der vorn

die vier Spindeln trägt, nach abwärts. Die Blättchen mehrerer Sauerkleearten, die nicht wie die oben erwähnte Oxalis sensitiva gefiederte, sondern kleeartige oder auch fächerförmige Blätter haben, klappen gleichfalls ihre Teilblättchen zusammen, wenn sie durch Regen-



Mimosa pudica in der Tag- und Nachtstellung. Vgl. Text, S. 501.

tropfen erschüttert werden. Bei diesen Sauerkleearten kommt aber wieder eine von der eben beschriebenen wesentlich abweichende Art der Wasserableitung zu stande. Die gemeinsamen Blattstiele neigen sich nicht dem Boden zu, sondern bleiben aufrecht, dagegen falten sich die herabgeschlagenen Teilblättchen ein wenig längs ihrer Mittelrippe, jedes derselben bildet eine flache Rinne, und das auf die zarten Blätter träufelnde Regenwasser fließt dann durch diese

Rinne zum Boden ab. (Vgl. Abbildung auf S. 323, Fig. 8, das unterste Blatt, dessen drei Teilblättchen sich herabzuschlagen und zu falten beginnen.)

Daß ein Vorteil, welchen die Sensitiven durch das plötzliche Zusammenklappen ihrer Blättchen haben, in der dadurch ermöglichten raschen Ableitung der fallenden Regentropfen liegt, kann nach alledem wohl als zweifellos gelten. Damit soll aber durchaus nicht gesagt sein, daß dieser Vorteil der einzige ist, welcher ihnen durch die beschriebenen Bewegungen erwächst. Manchmal kommt es vor, daß auch stoßweise einfallende trockne Winde und angewehter Sand, und daß eine ganz außergewöhnliche Hitze zur Mittagszeit ein Zusammenlegen der Blättchen verursacht. In den zuletzt erwähnten Fällen ist es wohl die Gefahr zu weit gehender Transpiration, welche die Pflanzen veranlaßt, die Breitseiten ihrer Blättchen vertikal zu stellen, und aus allen Beobachtungen geht hervor, daß durch das Annehmen der sogenannten Schlafstellung die Blättchen sehr verschiedenen Gefahren ausweichen können: in der hellen Nacht dem durch Ausstrahlung gegen den Sternenhimmel bedingten Wärmeverluste, am heißen Mittage dem Vertrocknen infolge rapider Verdunstung und bei Regenwetter der Knickung und dem Breitschlagen der zarten Blätter auf dem Boden sowie dem Zusammenbrechen der ganzen Pflanze unter der Wucht des Tropfenfalles bei einem plötzlich eintretenden starken Regengusse. Es ist nicht ausgeschlossen, daß noch ein vierter Vorteil durch diese Bewegungen erreicht wird. Weidende Tiere, welche die zarten Blätter der Sensitiven beschnuppern und mit dem Maule berühren, werden durch die plötzlichen Bewegungen der Blättchen befremdet und erschreckt und unterlassen es, diese unheimlichen Pflanzen abzufressen, zumal dann, wenn zwischen den sich herabschlagenden Blättchen spitze, starrende Dornen sichtbar werden, was namentlich bei vielen Mimosen der Fall ist (vgl. S. 413).

Es kann nicht oft genug darauf hingewiesen werden, daß gleiche und ähnliche Einrichtungen sowie gleiche und ähnliche Vorgänge eine sehr verschiedene Bedeutung haben können, je nachdem sie an dieser oder jener Pflanze, an diesem oder jenem Standorte, unter diesen oder jenen klimatischen Verhältnissen vorkommen, so wie anderseits durch eine und dieselbe Einrichtung zwei oder mehrere Vorteile zugleich erreicht werden können. Was das letztere anbelangt, so ist insbesondere die Lage, welche die aus den Laubknospen im Frühlinge hervorkommenden Blätter einnehmen, sehr lehrreich. Wo die Thätigkeit der Pflanzenwelt durch einen kalten Winter unterbrochen ist, und wo auch in hellen Frühlingsnächten die Temperatur mitunter noch unter den Gefrierpunkt herabsinkt, sind die Flächen der aus den Knospen sich vorschiebenden Laubblätter regelmäßig vertikal gestellt (vgl. S. 324 und die Abbildung auf S. 323). Im Laufe des Tages ist durch diese Lage die übermäßige Transpiration aus den noch zartwandigen Geweben verhindert, und während der Nacht hat die vertikale Lage der jungen Laubblätter den Vorteil, daß durch sie die Ausstrahlung, beziehentlich ein zu weit gehender Wärmeverlust hintangehalten wird. Gerade das junge, noch nicht vollständig ausgewachsene Laub ist nach beiden Richtungen hin sehr empfindlich, weit empfindlicher als das ausgewachsene, was wohl daher rührt, daß in dem letztern der Wassergehalt ein verhältnismäßig geringerer und auch die Zusammensetzung des Protoplasmas eine ganz andre geworden ist. Es kann vorkommen, daß an demselben Pflanzenstocke unter denselben Verhältnissen des Standortes und den gleichen Verhältnissen der Luft- und Bodentemperatur die jungen Blätter infolge des zu großen Wärmeverlustes nach hellen Nächten verderben, während die ausgewachsenen Blätter keinen Schaden leiden. Das bringt uns aber auf die Frage, worin denn eigentlich das durch großen Wärmeverlust bewirkte Verderben der Pflanzen besteht.

Erfrieren und Versengen.

Pankratius, Servatius und Bonifacius, deren Namen im Kalender neben dem 12., 13. und 14. Mai stehen, führen in Süddeutschland und Österreich im Volksmunde den Namen „Eismänner". Daß sie diesen Namen erhalten haben, hat seinen Grund in einem alljährlich um die Mitte des Mai eintretenden Rückschlage der Temperatur, dessen Ursache noch nicht vollständig aufgeklärt ist. Es finden zwar auch noch später im Sommer ziemlich regelmäßig an gewissen Tagen solche mit großer Abkühlung der Atmosphäre verbundene Rückschläge statt, dieselben haben aber nicht die gleiche Beachtung gefunden und zwar darum, weil sie für die Feldfrüchte, das Obst und den Wein nicht so gefährlich sind wie der Rückschlag um die Mitte des Wonnemonates. Wenn im Juni oder Juli auch noch recht kühle Tage eintreten, so haben dieselben doch niemals mehr einen Frost im Gefolge, während die drei Eismänner des Mai selbst in den mildesten Gegenden Mitteleuropas in den Nächten starke Fröste und dadurch für die Pflanzenwelt unberechenbaren Schaden bringen können.

Was an einem gefrornen Pflanzenteile zunächst auffällt, ist, daß er seine Elastizität vollständig eingebüßt hat. Wenn man ein gefrornes, steif gewordenes Laubblatt beugt und mit den Fingern zusammendrückt, so entsteht sofort eine bleibende Falte; das Blatt erscheint entlang der Falte geknickt und hat nicht mehr die Fähigkeit, die frühere Lage anzunehmen. Beim Knicken hört man ein ähnliches Geräusch wie beim Brechen körnigen Eises, und in der That ist es auch kristallinisches Eis, welches sich im Innern des Blattes gebildet hatte, das durch den Druck zerbrochen wird und dabei dieses Knirschen hören läßt. Erhöht sich dann im Laufe des Tages die Temperatur, so tauen die gefrornen Pflanzen auf, die meisten erhalten aber auch dann nicht mehr die Elastizität, welche sie vor dem Froste besessen hatten; die Blätter hängen schlaff herab, zeigen auch ein andres Grün und sind mehr durchscheinend, als sie es früher waren. Auch ist die Oberfläche feucht, und die Oberhaut löst sich leicht von den tiefern Gewebeschichten ab; allmählich schrumpfen die welken Blätter, vertrocknen und nehmen eine braune oder schwarze Farbe an. Sie haben dann das Aussehen verkohlter oder verbrannter Blätter, und der Landwirt sagt auch, der Frost habe die Blätter verbrannt.

Was geht nun bei diesem Erfrieren der Pflanzen in ihrem Innern vor? Die Vorstellung, welche sich die Botaniker einstens von dem Erfrieren machten, war folgende. Der wässerige Zellsaft der Pflanze erstarrt zu Eis; das Eis nimmt aber einen größern Umfang an, als der flüssige Zellsaft hatte, und infolgedessen werden die Wände der Zellen zerrissen und gesprengt, ähnlich wie die Glaswand einer Flasche, in welcher Wasser gefroren ist. Ein Gewebe, dessen Zellen zerrissen sind, könne aber seinen Funktionen nicht mehr nachkommen. Wenn auch bei nachträglich zunehmender Temperatur das Eis wieder schmelzen sollte, so sei doch der Schade an den zerrissenen Zellhäuten irreparabel; zudem entströme auch der Zellsaft aus den Zellkammern einer auftauenden Pflanze, und man sehe die nach dem Erfrieren wieder aufgetauten Blätter und Stengel nicht nur geschwärzt, weich und matschig, sondern auch mit einer wässerigen Schicht überzogen, welche nicht mehr in das Innere zurückkehrt.

Neuere sorgfältige Untersuchungen haben ergeben, daß diese Vorstellung von dem Erfrieren der Pflanzen mehrfacher Berichtigungen bedarf. Zunächst insofern, als durch den Druck des im Innern der Zellen gebildeten Eises kein Zerreißen und Zersprengen der Zellwände stattfindet. In den Geweben der von Luft umspülten Pflanzenteile beginnt die Eisbildung überhaupt nicht im Innern der Zellkammern, sondern in den sogenannten Intercellularräumen, und nur in jenen Wasserpflanzen, welchen Intercellulargänge fehlen, bilden sich schon die ersten Eiskristalle im Innern der Zellen.

Wenn man die zu den Armleuchtergewächsen gehörige Nitella syncarpa, welche im klaren Wasser der Tümpel und Teiche des mittlern Europa angetroffen wird, einer Temperatur

von 0° aussetzt, so wird die Lebensthätigkeit derselben nicht gestört; sogar die Strömung des Protoplasmas in den Zellen ist noch eine sehr lebhafte. Auch wenn sich in dem umgebenden Wasser bei weiterer Abkühlung auf —2° Eisnadeln bilden, so ist die Strömung des Protoplasmas noch zu erkennen. Es werden zwar von den Eisnadeln die Zellen etwas zusammengedrückt, aber selbst bei —3° ist das Protoplasma noch immer nicht getötet. Erst zwischen —3° und —4° beginnt der Protoplast zu schrumpfen, gibt einen Teil seines Wassers ab, löst sich von der Innenwand der Zellkammer los, bildet in der Mitte der Zelle einen faltigen, zusammengezogenen Sack, und das ausgeschiedene Wasser erstarrt zwischen diesem Sacke und der Wand der Zellkammer zu Eis. Setzt man diese Nitella wieder einer höhern Temperatur aus, so schmilzt das Eis, das Protoplasma dehnt sich und legt sich der Zellwand wieder an; aber dasselbe ist unfähig, neuerdings in strömende Bewegung überzugehen, es hat zu leben aufgehört, der molekulare Aufbau desselben wurde durch die Wasserausscheidung offenbar so gründlich verändert, daß eine Rekonstruktion nicht mehr möglich ist.

In den Stengeln und Blättern der von Luft umgebenen Gewächse entsteht das erste Eis, wie schon oben bemerkt, immer in den Intercellulargängen. Da nun aber in den Intercellulargängen für gewöhnlich Luft und nicht Wasser enthalten ist, so muß das zu Eis erstarrende Wasser in die Intercellulargänge erst kurz vor dem Erstarren aus den angrenzenden Zellen ausgeschieden werden. Und das geschieht auch thatsächlich. Die Struktur der Eiskristalle läßt deutlich erkennen, daß das Wasser durch die Zellwände hindurch nach außen gekommen ist und zwar nicht auf einmal, sondern nach und nach; denn man sieht an den äußern gegen den Intercellularraum sehenden Wänden der Zellen das Eis in Form kleiner, übereinander geschichteter und zu Säulen vereinigter Scheiben, welche sich nur allmählich eine nach der andern gebildet haben konnten. Diese Beobachtung regt aber die Frage an: welche Teile der Zellen geben das Wasser ab, und warum erstarrt das Wasser in den Intercellularräumen und nicht an jenen Stellen, wo es sich vor dem Froste befunden hatte? Vor Beantwortung dieser Frage ist zunächst daran zu erinnern, daß das von den Pflanzen aufgenommene Wasser nur zum Teile in den chemischen Verband der Stoffe des Zellenleibes und der Zellhaut eingegangen ist, daß ein andrer Teil, welcher S. 199 Betriebswasser genannt wurde, nicht chemisch gebunden ist. Von diesem letztern ist die Zellhaut und auch der Zellenleib durchtränkt, und auch der Zellsaft in der Leibeshöhle des Protoplasten enthält reichlich solches Wasser. Im Zellsafte erscheint es als Lösungsmittel der dort vorhandenen Säuren, Salze und andern Stoffe. Das Wasser, von welchem das Protoplasma und die Zellhaut getränkt sind, und von dem wir uns vorstellen müssen, daß es die Interstitien zwischen den Molekülgruppen wie kapillare Räume erfüllt, wird zwar von den Molekülen des Protoplasmas und der Zellhaut und jenes im Zellsafte von den Molekülen der Säuren und Salze festgehalten, aber doch gewiß nicht so energisch wie das chemisch gebundene Wasser in den eiweißartigen Stoffen des Protoplasmas.

Was geschieht nun, wenn einem Körper, welcher das Wasser in seinen kleinsten Zwischenräumen festhält, wie etwa der Kleister, oder in welchem das Wasser als Lösungsmittel erscheint, wie in einer Alaunlösung, Wärme entzogen wird, wenn er bis zu dem Gefrierpunkte des Wassers abgekühlt wird? Das Wasser erstarrt merkwürdigerweise nicht sofort zu Eis, solange es in den kapillaren Räumen oder als Lösungsmittel festgehalten wird, und viele Salzlösungen können bis auf 5°, manche sogar auf 10° unter Null abgekühlt werden, ohne zu gefrieren. Und wenn endlich infolge des Einflusses noch tieferer Temperaturen ein Erstarren stattfindet, so hat sich immer früher eine Scheidung vollzogen; das Wasser ist aus den feinsten Zwischenräumen des Kleisters in größere Hohlräume desselben zusammengeflossen und ist erst in diesen Hohlräumen zu Eis erstarrt, und das Wasser der Salzlösungen hat sich von den Salzmolekülen getrennt und ist erst dann zu Eiskristallen geworden.

Ähnlich verhält es sich aber auch mit dem die Zellhaut und das Protoplasma tränkenden und als Lösungsmittel gewisser Inhaltsstoffe der Zelle dienenden Wasser. Bei einer Abkühlung der Pflanzengewebe auf —1° findet nur bei ganz wenigen Arten schon Eisbildung statt, und in den meisten Fällen muß die Temperatur auf —2° oder —3° sinken, damit sich in dem erkalteten Gewebe Eis bildet. Und zwar hat sich auch hier das Wasser, bevor es zu Eis erstarrte, von den Molekülen, durch welche es bisher festgehalten war, räumlich gesondert, und dasselbe erstarrt nicht innerhalb der Zelle, sondern an der äußern Seite derselben im Intercellularraume. Damit aber das Wasser aus dem Innern einer Zelle in den angrenzenden Intercellularraum gelange, ist ein Druck, eine Pressung notwendig, und dieser Druck kann nur von dem lebendigen Protoplasten in der Zellkammer ausgehen. Man dürfte sich daher den Vorgang des Gefrierens am richtigsten so vorstellen, daß durch die Erniedrigung der Temperatur der Protoplast gereizt und angeregt wird, durch Zusammenziehung und Pressung einen Teil des Wassers aus dem Innern der Zelle nach außen zu befördern. Was sich da abspielt, wäre demnach nicht unähnlich der Ausscheidung von wässerigem Safte in die Intercellulargänge in den gereizten Gelenkpolstern an den Blattstielen der **Mimosa**; nur ist in beiden Fällen der Vorteil, der durch die Ausscheidung des Wassers erreicht werden soll, ein verschiedener. In den erkaltenden Blättern ist der Vorteil jedenfalls darin zu suchen, daß durch die Bildung von Eisdrusen in den Intercellulargängen der lebendige Teil der Zellen solange wie möglich vor Vernichtung geschützt wird. Würde das Wasser schon bei geringen Kältegraden sofort im Innern der Zellen zwischen den Molekülgruppen des lebendigen Zellenleibes und seiner Haut erstarren, so wäre auch eine gründliche Verschiebung und eine Zerstörung der Molekülgruppen unvermeidlich. Außerhalb der Zelle werden dagegen die Eiskristalle solche Zerstörungen nicht veranlassen. In den Intercellularräumen können sie umfangreiche Drusen bilden, es kann dadurch der Intercellularraum sogar erweitert und es können die angrenzenden Gewebeteile auseinander gedrängt und zerklüftet, teilweise auch abgelöst und abgehoben werden, ohne daß aber gleichzeitig auch eine Zerstörung des molekularen Aufbaues der lebendigen Zellen selbst stattfindet.

Daß die geschilderte Ausscheidung von Wasser noch nicht den Tod der lebendigen Zelle bedeutet, ist durch zahlreiche andre Erscheinungen erwiesen. Es ist auch nicht daran zu zweifeln, daß das ausgeschiedene Wasser nachträglich unter günstigen Umständen wieder zurückgenommen werden kann, und daß bei langsamem Auftauen des in den Intercellularräumen gebildeten Eises das Wasser an die früher eingenommenen Plätze im Bereiche der Zelle wieder einrückt. Sind dagegen die Zellen nicht mehr im stande, das ausgeschiedene Wasser zurückzunehmen, oder erreicht die Kälte einen so hohen Grad, daß schließlich auch noch im Innern das von dem Protoplasma zurückbehaltene und für seinen Bestand unumgänglich nötige Wasser zu Eis erstarrt, so ist eine Zerstörung des molekularen Baues die natürliche Folge, oder, mit andern Worten, das Protoplasma der betreffenden Zellen ist durch den Wärmeverlust getötet worden. Wir sagen dann, die Pflanze sei erfroren.

Hiermit ist aber auch der Unterschied zwischen Gefrieren und Erfrieren klargestellt und ist zugleich die alte Erfahrung der Gärtner bestätigt, daß das Gefrieren der Pflanzen nicht notwendig auch das Erfrieren zur Folge haben muß.

Bei welchen Kältegraden das Gefrieren, und bei welchen das Erfrieren stattfindet, richtet sich zunächst nach der spezifischen Konstitution des Protoplasmas der verschiedenen Pflanzenarten, dann aber auch bei jeder einzelnen Art nach dem Entwickelungsstadium, in welchem sich die der Kälte ausgesetzten Organe befinden. Gleichwie das Wasser in verschiedenen Salzlösungen bei verschiedenen Temperaturen zu Eis erstarrt, zeigt auch das Protoplasma der einen Art ein von dem Protoplasma der andern Art abweichendes Verhalten. Es wurde oben erwähnt, daß die Wasserpflanze **Nitella syncarpa** schon bei einer

Temperatur von —4° erfriert. Andre Wasserpflanzen dagegen vertragen die größten Kältegrade, ohne daß ihr Protoplasma getötet wird. Die Sphaerella nivalis, welche die Rotfärbung des Schnees veranlaßt (s. S. 36), ist im arktischen Gebiete im Winter monatelang einer Temperatur von —20° ausgesetzt, ohne dadurch vernichtet zu werden. Auch auf den Gletscherfeldern der Alpen ist diese Sphaerella in den Winternächten häufig einer sehr großen Kälte ausgesetzt, und dasselbe gilt von verschiedenen Arten der Gattungen Epithemia und Navicula und andern Diatomaceen, welche mit der Sphaerella nivalis zusammen auf dem Firne der Gletscher lebend angetroffen werden. Einschaltungsweise darf hier wohl erwähnt werden, daß es auch Tiere gibt, welche mit diesen einzelligen Pflanzen zusammen in der Eisregion leben und dort monatelang gefroren sind, ohne dadurch getötet zu werden. Sobald sie auftauen, spielen die Rädertierchen wieder mit ihren Wimpern, die unter dem Namen Gletscherflöhe bekannten schwarzen Poduren machen ihre weiten Sprünge, und die scheckigen Spinnen schreiten mit ihren langen Beinen wieder über die von der Sonne beschienenen eisigen Gefilde, während anderseits die durch Winde auf dieselben Firnfelder verschlagenen Insekten durch den Frost in kurzer Zeit ihren Tod finden.

Ähnlich wie mit diesen Tieren und ähnlich wie mit den Wasserpflanzen verhält es sich auch mit den Erd- und Steinpflanzen. Gewächse, welche sich äußerlich sehr ähnlich sehen und die auch im anatomischen Baue große Übereinstimmung zeigen, können sich doch in Beziehung auf das Erfrieren ganz verschieden verhalten. Während die Pinie und die Meerstrandskiefer (Pinus Pinea und Halepensis) keinen Winterfrost vertragen, gedeihen die Zirbelkiefer und die Himalajakiefer (Pinus Cembra und excelsa) noch in Gegenden, wo die Stämme und die nadelförmigen Blätter aller Bäume wochenlang auf —20° erkältet sind. Das Rhododendron Ponticum erfriert bei —2°, das Rhododendron Lapponicum verträgt die strengste Kälte des nordischen Winters. Wenn man in einer kalten Herbstnacht Echeverien aus dem Gewächshause an einen Ort ins Freie stellt, wo die Temperatur auf —1° herabsinkt, so sind sie unrettbar verloren, während die meisten der den Echeverien nahe verwandten und auch im Baue der fleischigen Blätter übereinstimmenden europäischen Dickblätter dieselbe Kälte nicht nur eine Nacht hindurch, sondern selbst wochenlang unbeschadet vertragen. Das nordische Sedum Rhodiola und mehrere alpine, auf den schmalen Gesimsen der Felswände in den Hochalpen heimische Hauswurzarten (z. B. Sempervivum montanum und Wulfenii) sind wochenlang Temperaturen von —10° ausgesetzt, ohne daß das Protoplasma in den Zellen ihrer fleischigen Blätter erfriert. Es gibt auch eine Menge zweijähriger und ausdauernder Pflanzen, die man nicht eigentlich als Dickblätter ansprechen kann, welche aber doch saftstrotzende, glatte, äußerlich in keiner Weise gegen Wärmeverlust geschützte, im Herbste dem Boden auflagernde, rosettenförmig gruppierte Blätter ausbilden. Die Blätter dieser Rosetten sind in den Gegenden mit rauhem Winter, zumal dann, wenn wenig oder gar kein Schnee gefallen ist, der strengsten Kälte ausgesetzt, und die Temperatur des saftreichen Gewebes erniedrigt sich nicht selten bis auf —20°, ohne daß dadurch das Protoplasma getötet würde. Besonders auffallend ist in dieser Beziehung das Löffelkraut (Cochlearia officinalis), von dem man erwarten möchte, daß seine saftreichen, glatten, dunkelgrünen Blätter schon nach dem ersten Reife erfrieren, während sie thatsächlich die größten Kältegrade ohne den geringsten Nachteil vertragen. Es gibt wenige Punkte der Erde, wo ein so strenges Winterklima herrscht wie am Strande von Pitlekaj an der Nordküste von Sibirien, wo die Vega-Expedition im Jahre 1878/79 überwinterte. Die mittlere Temperatur des Novembers betrug —16,58°, des Dezembers —22,80, des Januars —25,06, des Februars —25,09, des März —21,65, des Aprils —18,93°. Das waren aber nur die Mittel; an vielen Tagen sank die Temperatur auf —30 und —40° herab, und einmal erreichte das Minimum sogar —46°. Auf der Kuppe eines ziemlich hohen Sandhügels, über welcher fast ununterbrochen der eisige

Nord- und Nordostwind hinfegte, wurde der Stock eines Löffelkrautes, nämlich der **Cochlearia fenestralis**, beobachtet. Dieser Stock hatte im Sommer 1878 zu blühen begonnen und auch teilweise Früchte ausgebildet. Als der Winter begann, war diese **Cochlearia** aber noch mit unreifen Früchten, mit Blüten und Blütenknospen und mit saftigen grünen Laubblättern besetzt, und man hätte erwarten sollen, daß die saftreichen, zarten Gewebe im Laufe des langen Winters und unter dem Einflusse der anhaltenden Kälte vollständig vernichtet werden würden. Im Sommer 1879 wuchs aber die Pflanze, deren Gewebe doch zweifellos längere Zeit hindurch auf —30° abgekühlt und gefroren waren, wieder weiter und setzte ihr Wachstum dort fort, wo es zu Anfang des Winters unterbrochen worden war, die Blätter funktionierten wieder wie im verflossenen Sommer, die Blütenknospen öffneten sich, und aus den Blattachseln sproßten neue Blütenstände hervor, ein Beweis, daß das Protoplasma dieser Pflanze selbst durch die Temperatur von —46° nicht getötet wurde.

Wenn die Myrten und Orangenbäume bei —2° bis —4°, Cypressen und Feigenbäume bei —7° bis —9°, Zentifolien bei —18°, die Weinreben bei —21°, Eichen und Buchen bei —25°, Pflaumen und Kirschen bei —31° und Apfel- und Birnbäume bei —33° erfrieren, so kann das nur aus der spezifischen Konstitution des Protoplasmas erklärt werden, und man ist gezwungen, anzunehmen, daß der Zellenleib in dem einen Falle bei dieser, in dem andern Falle bei jener Temperatur in der früher angegebenen Weise demoliert wird.

Es wurde früher bemerkt, daß es auch von dem Entwickelungsstadium der Pflanzen abhängt, bei welcher Temperatur das Erfrieren stattfindet. Allgemein bekannt ist, daß die holzigen Stämme und Zweige, die Laub- und Blütenknospen und vor allem die Samen, wenn sie im Herbste wasserarm geworden sind, ganz außerordentliche Wintertemperaturen ertragen. In Jakutsk und Werchojansk in Sibirien, wo die mittlere Temperatur des Januars —42,8° und —49,0° beträgt, und wo —62,0° und —63,2°, die niedrigsten überhaupt auf der Erde bis jetzt beobachteten Temperaturen, notiert wurden, wo sich monatelang die Schattentemperatur nicht über —30° erhebt, finden sich noch zahlreiche Kräuter und Sträucher, deren oberirdische Teile wochenlang einer Kälte ausgesetzt sind, bei welcher das Quecksilber gefriert; ja, es gedeihen dort noch Birken- und Lärchenbäume (**Betula alba** und **Larix Sibirica**) im kräftigsten Wuchse, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß Holz und Knospen dieser Bäume alljährlich längere Zeit auf —30° erkalten, ohne dadurch zu erfrieren. Übrigens erniedrigt sich auch das Holz des Wachholders und der Fichten, der Kiefern und Zirben in rauhen Lagen der mitteleuropäischen Hochgebirge im Winter regelmäßig auf —10°, und die immergrünen Nadeln dieser Gehölze erkalten tief unter den Gefrierpunkt des Wassers, ohne den geringsten Schaden zu erleiden. Desgleichen vertragen die in den Beeren- und Holzzapfen der genannten Gehölze eingeschlossenen Samen die tiefsten Temperaturen ohne Nachteil, was um so bemerkenswerter ist, als diese Samen zwei Sommer zur Reife bedürfen und daher das erste Jahr in noch nicht ausgereiftem Zustande den strengen Winter durchmachen müssen. Auch von andern Pflanzen sind die Samen über Winter großer Kälte ausgesetzt. So z. B. fallen jene des Goldregens (**Cytisus Laburnum**) nicht sofort nach ihrer Reife ab, sondern bleiben an den Flächen der aufgesprungenen Hülsen haften, und da sich diese erst im nächsten Frühlinge von den Zweigen lösen, so sinkt die Temperatur dieser Samen über Winter tief unter Null herab. Nichtsdestoweniger erhalten sie ihre Keimkraft. Goldregensamen, welche im Winter wochenlang unter dem Einflusse einer Temperatur von —15° gestanden hatten, keimten im folgenden Sommer und hatten also durch die Kälte keinen Schaden gelitten. Auch andre Samen, selbst solche aus tropischen Gegenden, welche versuchsweise Temperaturen von —40° ausgesetzt wurden, hatten ihre Keimfähigkeit nicht verloren, und es war daher ihr Protoplasma selbst durch diese große Kälte nicht getötet worden.

Da anderseits bekannt ist, daß die jungen Früchte und Samen des Goldregens und noch mehr jene der tropischen Pflanzen schon bei Erniedrigung der Temperatur auf —2° erfrieren, so geht daraus hervor, daß die in verschiedenen Entwickelungsstadien befindlichen Teile desselben Stockes in ungleicher Weise durch die Erniedrigung ihrer Temperatur unter den Gefrierpunkt angegriffen werden.

Für die Mehrzahl der Gewächse kann als Regel gelten, daß der Tod infolge des Frostes um so eher eintritt, je jünger und wasserreicher die betreffenden Gewebe sind. Das Laub der Buchen, Hainbuchen und sommergrünen Eichen, welches im Herbste selbst nach wiederholten Frösten noch nicht getötet wird, welkt, schrumpft und vertrocknet im jugendlichen Zustande, wenn nur in einer einzigen Frühlingsnacht die Temperatur unter Null herabgesunken ist. Ja, selbst manche Alpenpflanzen, welche, vollständig ausgewachsen, sehr niedere Temperaturen ohne Nachteil vertragen, können Schaden leiden, wenn sie zur Zeit des kräftigsten Wachstums von einem Froste überrascht werden. Als einmal Ende Juni auf den bereits schneefrei gewordenen Bergen bei Innsbruck in der Seehöhe von 2000 m die Temperatur auf —6° herabsank, wurden dadurch die jungen, eben erst hervorgesproßten und noch nicht vollständig ausgewachsenen Laubblätter der Alpenrosen (Rhododendron hirsutum) an allen Stöcken vernichtet; sie bräunten sich und vertrockneten, während die alten ausgewachsenen, aus dem verflossenen Jahre an denselben Stöcken erhaltenen grünen Laubblätter durch diesen Frost keine Veränderung erfahren hatten.

Solche Erscheinungen lassen sich nur durch die Annahme erklären, daß in den jungen, noch nicht ausgewachsenen Pflanzenteilen viel Wasser vorhanden ist, welches gar nicht unter der Herrschaft der lebendigen Protoplasten steht. Als ein solches Wasser kann dasjenige angesehen werden, welches von der Wurzel zu den grünen Geweben geleitet wird, um dort in Dampfform entbunden zu werden, jenes Wasser, welches durch die Gefäßbündel der Stengel aufsteigt, die Adern der Laubblätter durchströmt, unter Umständen sogar in die Intercellularräume gepreßt wird und aus den Spaltöffnungen in Tropfenform hervortritt. Solches Wasser wird durch molekulare Kräfte nicht festgehalten und vor dem Erstarren geschützt, sondern wird schon bei einer Temperatur von —1° zu Eis. Da es in dem jungen Gewebe reichlich vorhanden ist, so sind bei dem Gefrieren desselben weitgehende Zerklüftungen und insbesondere auch mechanische Schädigungen der wasserleitenden Röhren und Zellreihen unvermeidlich. Ist aber die Zuleitung des rohen Nahrungssaftes in einem jungen Pflanzenteile während des Auswachsens gestört, so kann die Transpiration in demselben nicht mehr ordentlich stattfinden, und die transpirierenden Zellen werden verwelken und vertrocknen, selbst dann, wenn ihr Protoplasma durch den Frost direkt keinen Schaden erlitten haben sollte.

An diese Erörterung knüpft sich naturgemäß die Frage, ob eine Pflanze bei Temperaturgraden erfrieren kann, welche über dem Gefrierpunkte des Wassers liegen. Von der Mehrzahl der Gärtner wird diese Frage im bejahenden Sinne beantwortet, und es wird dieser Ausspruch auf die Thatsache gegründet, daß tropische Akanthaceen, buntblätterige Coleus, Basilienkraut, Melonen, Tabak &c. selbst dann welken, verdorren und absterben, wenn sie nur eine einzige Nacht hindurch einer Temperatur von +2° ausgesetzt waren. Trotz der großen äußern Ähnlichkeit dieser Erscheinung mit dem Erfrieren kann man sie aber doch nicht Erfrieren nennen, denn die für das Erfrieren des lebendigen Protoplasmas bezeichnendsten Vorgänge, nämlich die Ausscheidung von Wasser aus dem Zellenleibe, das Erstarren dieses Wassers zu Eis und das Nichtzurückkehren dieses Wassers in den Zellenleib, kommen bei den Pflanzen, welche unter dem Einflusse von Temperaturen über Null vernichtet werden, nicht zu stande. Auf S. 340 wurde bereits klargestellt, daß dieses sogenannte Erfrieren der Pflanzen bei Temperaturen über Null in Wirklichkeit ein

Vertrocknen infolge des Mißverhältnisses zwischen der Transpiration aus den Blättern und der Aufnahme von Wasser durch die Wurzeln ist. Infolge Herabsetzung der Temperatur des Erdreiches wird die saugende Thätigkeit der Wurzeln so beschränkt, daß der Wasserverlust, welchen die oberirdischen Laubblätter durch die Ausdünstung erleiden, nicht mehr ersetzt werden kann. Die Blätter werden dann schlaff, schrumpfen, vertrocknen, färben sich schwarz und sehen dann gerade so aus wie Blattgebilde, welche durch den Frost getötet wurden. Daß hier wirklich nur die Herabsetzung der Temperatur des Erdreiches die Ursache des Absterbens ist, kann durch einen sehr einfachen Versuch gezeigt werden. Wenn man in Herbstnächten, wo die Temperatur bis auf +1° oder +2° herabsinkt, „sehr empfindliche", in Töpfen kultivierte Coleus aus dem warmen Gewächshause ins Freie stellt, ohne die Töpfe gegen Abkühlung zu schützen, so verdorren diese Pflanzen schon am folgenden Tage; wenn man dagegen die Töpfe in warme Sägespäne einsenkt, darüber Baumwolle breitet und so dafür sorgt, daß die Temperatur der Erde in den Töpfen nicht unter +7° herabsinkt, so vertrocknen die in den Töpfen kultivierten Coleus nicht und leiden überhaupt keinen Schaden, selbst dann nicht, wenn die Temperatur der Luft und der von Luft umspülten Blätter im Laufe der Nacht bis +0,5° fallen sollte. Indem durch Warmhalten des Bodens die Zuleitung von Wasser zu den transpirierenden Blättern im Gange gehalten wird, können also diese Blätter selbst dann, wenn sie bis auf +0,5° abkühlen, vor dem sogenannten „Erfrieren" geschützt werden.

Gibt es auch Mittel, durch welche die Pflanzen vor dem wirklichen Erfrieren geschützt werden können? Die Antwort auf diese Frage erschließt sich aus den obigen Erörterungen über das Wesen des Erfrierens von selbst. Kann man verhindern, daß die in Frage kommende Pflanze jene Temperatur annimmt, bei welcher ihr Protoplasma getötet wird, so kann dadurch allerdings ein Schutz gegen das Erfrieren geboten werden. Gewöhnlich werden als Schutzmittel schlechte Wärmeleiter benutzt. Man umkleidet die zu schützenden Pflanzenteile mit trocknem Strohe und Reisige oder bedeckt sie mit dürrem Laube. In Gegenden mit kontinentalem Klima sichert man die Weinrebe dadurch vor dem Erfrieren, daß man die untern Teile der Stöcke mit Erde umgibt. Vielfach werden die Pflanzen auch durch Aufhäufen von Schnee geschützt, und es gilt bei den Gärtnern der Schnee ganz allgemein als ein treffliches Schutzmittel gegen das Erfrieren. Erfahrungsgemäß gehen bei uns in schneelosen Wintern eine Menge Pflanzen zu Grunde, während sie in schneereichen Wintern die kälteste Zeit ohne Nachteil überdauern. Manche Arten von Gesträuchen und niedern Bäumchen, von welchen nur die untere Hälfte eingeschneit ist, während die obere Hälfte den Schnee überragt, findet man nach strengen Wintern von den Zweigspitzen abwärts bis zu jener Stelle erfroren, zu welcher der Schnee emporgereicht hatte. So verhielt es sich z. B. im Wiener botanischen Garten (1880) mit mehreren jungen Bäumchen der Himalajazeder (Cedrus Deodora), mit dem Buschwerke der Fontanesie (Fontanesia jasminoides) und mit den Gesträuchen mehrerer Jasmin- und Indigo-Arten. Aber alle diese Schutzmittel, Reisig, Stroh, Laub, Erde, Schnee, erfüllen ihren Zweck nur in Gegenden, wo die Kälteperiode von verhältnismäßig kurzer Dauer ist. Sie wehren eigentlich nur den ersten Ansturm der Kälte ab, und ihr wesentlichster Vorteil liegt darin, daß die Ausstrahlung der Wärme aus den eingehüllten Teilen hintangehalten wird. Bei langer und ununterbrochen andauernder Kälte sinkt allmählich nicht nur die Temperatur der Hülle, sondern endlich auch jene der umhüllten Körper tief herab, und in Jakutsk würde eine Pflanze, deren Protoplasma bei —10° getötet wird, selbst durch die dickste Hülle aus Stroh, Laub oder Erde nicht mehr geschützt werden können.

Auch in der freien Natur kann von einem natürlichen Schutze gegen das Erfrieren nur bedingt und nur in jenen Gegenden die Rede sein, wo im Laufe des Winters Perioden

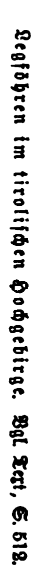
großer Kälte mit mildern Zeiten abwechseln, und wo der kalten Nacht in der Regel wieder ein wärmerer Tag folgt, was überall der Fall ist, wo die Sonne im Winter nicht wochen-, ja selbst monatelang unter dem Horizonte bleibt. Alle Hüllen, welche in den gemäßigten Zonen vor dem Erfrieren schützen, sind darum im arktischen Gebiete völlig wertlos. Nicht einmal der Schnee, welcher, wie schon erwähnt, in der nördlich gemäßigten Zone als eins der besten Schutzmittel gegen große Kälte gilt, vermag im arktischen Gebiete das Eindringen der Kälte zu verhindern. Kane fand die Temperatur im nordwestlichen Grönland bei 63 cm unter dem Schnee auf —21,8° und bei 126 cm unter dem Schnee auf —16,8° gesunken. Die Untersuchungen, welche während der Überwinterung der schwedischen Polarexpedition in der Mosselbai an der nördlichen Küste von Spitzbergen angestellt wurden, ergaben, daß am 14. Februar 1873 bei einer Lufttemperatur von —35° der Schnee 26 cm unter der Oberfläche auf —26° und in einer Tiefe von 35 cm auf —20° gesunken war. Am 23. Februar zeigte der Schnee in einer Tiefe von 30 cm die Temperatur —21° bei gleichzeitiger Lufttemperatur von —32°. Von der Vega-Expedition wurde an der nordsibirischen Küste am 22. März bei einer Lufttemperatur von —18,2° der Schnee in einer Tiefe von 30 cm auf —16,1° und der darunterliegende Erdboden auf —15,1° erkaltet gefunden. Mitte März zeigte der von den Wurzeln des nordischen Dünengrases (Elymus mollis) durchzogene Sandboden in der Tiefe von 63 cm die Temperatur von —20°.

In der nördlich gemäßigten Zone ist das wesentlich anders. Wo die Sonne, wenn auch nur während einiger Stunden des Tages, auf den Schnee Einfluß nimmt, wird dieser erwärmt und häufig oberflächlich geschmolzen. Man kann in den Alpen zur Zeit der kürzesten Tage im Dezember bei einer Schattentemperatur der Luft von —10 bis —15° von den besonnten Dächern der hoch oben an den Berggehängen gelegenen Heuhütten in der Mittagsstunde das Schmelzwasser herabträufeln sehen. Auf dem Matterhorn beobachteten die drei Schweizer, welche sich entschlossen hatten, zum Behufe meteorologischer Beobachtungen den Winter 1865 auf 1866 in dem 3333 m hoch gelegenen Stationshause zuzubringen, am 18. Dezember 1865 und an mehreren andern Tagen, daß in der Sonne der Schnee geschmolzen war. Sinkt die Sonne hinter den Bergen hinab, so friert das Schmelzwasser allerdings wieder zu Eis, aber am nächsten Tage wiederholt sich das gleiche Spiel. Während im arktischen Gebiete der in der monatelangen ununterbrochenen Winternacht gefallene Schnee staubartig bleibt, bildet sich in den Gebirgen der gemäßigten Zone infolge des Schmelzens der oberflächlichen Schneeschicht unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen und des darauf folgenden Vereisens in den Nächten eine Eiskruste, die mit der Zeit so mächtig wird, daß man weite Strecken der Schneegefilde überschreiten kann, ohne einzubrechen.

Dieser Wechsel von Auftauen und Erstarren in den obern Schichten der winterlichen Schneedecke hat nun den wichtigen Vorteil, daß in den Gegenden, wo im Winter die Sonne scheint, die tiefern Schneeschichten und der den Schnee tragende feste Erdboden niemals so stark erkalten wie im hohen Norden, wo monatelang die Erkaltung fortschreiten kann und, wie die oben angegebenen Zahlen zeigen, auch thatsächlich fortschreitet. Minimumthermometer, welche im Jahre 1869 auf verschiedenen Berghöhen in Tirol in die Erde eingelegt und nach Ablauf des Winters im Sommer 1870 ausgegraben wurden, zeigten folgende Temperaturen: auf der felsigen, 2343 m hohen Kuppe des Hafelekar bei Innsbruck, 40 cm unter der Oberfläche —5,8°; auf der nördlichen Seite der 2239 m hohen Kuppe des Blaser bei Trins, 40 cm unter der Oberfläche —4,0°; am nördlichen Gehänge des Patscherkofel bei Innsbruck in der Seehöhe von 1635 m, 60 cm unter der Oberfläche —2,9°. An diesen drei Punkten war die Schneeschicht, die dem Boden auflagerte, nicht mächtig und schwankte zwischen 30 und 60 cm. Dort, wo die Schneelage wenigstens dreimal so hoch war, ergaben die Minimumthermometer folgende Resultate: auf der südlichen Seite

der 2239 m hohen Kuppe des Blaser bei Trins, 40 cm unter der Oberfläche +0,1; auf demselben Berge etwas tiefer, nämlich in der Seehöhe von 2086 m, unter einer 3 m hohen Schneewehe nächst der Hütte meines Versuchsgartens +0,2°; auf dem Patscherkofel bei Innsbruck bei 1921 m, in der Nähe des Kreuzbrunnens, 65 cm unter der Oberfläche des Bodens +0,1; nächst dem Heiligwasser bei Innsbruck in der Seehöhe von 1261 m, wo die winterliche Schneedecke die Höhe von nahezu 2 m erreicht hatte, 75 cm unter der Oberfläche +1,35°. Diese Angaben zeigen zur Genüge, welche große Bedeutung dem Schnee als Schutzmittel gegen die Kälte in jenen Gegenden, welche im Winter die Sonne nicht entbehren müssen, zukommt. Während die Temperatur des von Pflanzenwurzeln durchsetzten Bodens an dem Winterstandplatze der Vega in Sibirien selbst unter tiefem Schnee auf —20° herabsank, zeigte sich das von Pflanzenwurzeln durchzogene Erdreich auf den Alpenhöhen Tirols an den schneereichen Stellen nicht einmal gefroren und selbst dort, wo die Schneeschicht eine sehr dünne war, nur auf —5,8° abgekühlt. *In den Alpen und überhaupt in den Hochgebirgen der nördlich gemäßigten Zone spielt daher eine mächtige Schneeschicht die Rolle eines vortrefflichen Schutzmittels* des Bodens, beziehentlich *der im Boden wurzelnden Pflanzen gegen große Kälte.*

Es gibt in der alpinen Region auch *Pflanzen, welche augenscheinlich auf dieses Schutzmittel angewiesen sind*, und deren Bau es möglich macht, daß sie den strengen Winter, unter mächtigen Schneemassen geborgen, überdauern. Dahin gehören in erster Linie zahlreiche strauchartige Holzgewächse, für welche als Beispiel die auf S. 513 abgebildete Legföhre **Pinus humilis** gelten kann. Die Stämme dieser Föhre sind nicht aufrecht wie jene der andern Pinus-Arten, sondern nehmen eine horizontale Lage an und zwar auch dann, wenn sie eine bedeutende Dicke erreichen. Selbst Stämme im Durchmesser von 20 cm, welche unbedingt im stande wären, in aufrechter Stellung die breitästige Krone zu tragen, wachsen in nahezu paralleler Richtung zum Boden, ohne demselben übrigens unmittelbar aufgelagert zu sein. Dabei ist bemerkenswert, daß an den geneigten Gehängen der Berge das fortwachsende Ende des Stammes immer thalwärts gerichtet ist, und ebenso ist hervorzuheben, daß diese eigentümliche Wachstumsweise nicht nur den in den Alpen wild wachsenden, sondern auch den in botanischen Gärten der Städte kultivierten, aus Samen gezogenen Legföhren zukommt und daher als eine spezifische Eigentümlichkeit zu gelten hat. Die Äste und Zweige, welche sich von den Hauptstämmen bogenförmig aufsteigend erheben, sind ungemein elastisch und legen sich, wenn sie belastet werden, dem Boden an. Da alle Äste der Krone von dem liegenden Hauptstamme aus nur nach oben gewendet sind, so tritt hier eine Häufung der Äste und Zweige ein, und in manchen alten Legföhrenbeständen sind die vielen Äste so dicht gestellt und so mannigfaltig verschränkt, daß dort ein Fortkommen fast unmöglich ist. Die ausgedehnten Legföhrenbestände sind darum auch gemieden und vereinsamt, und in manche derselben ist wohl, solange sie bestehen, noch keines Menschen Fuß eingedrungen. Wehe auch demjenigen, der das Unglück hat, sich in einem solchen Gehölze zu verirren. Die Schwierigkeiten, mit welchen man sich in einem tropischen, von Lianen durchsetzten Urwalde Bahn brechen muß, sind nicht größer als jene, mit welchen man hier beim Vorwärtsbringen zu kämpfen hat. Häufig werden die Legföhren so hoch, daß man selbst aufrecht stehend noch um einige Kopflängen von den obersten, mit Nadeln dicht besetzten Zweigen überragt wird. Man mag wohl, über die quer liegenden armsdicken Stämme kletternd, eine Strecke vorwärts kommen, vergebens aber sucht man sich dann weiter zu orientieren und einen Ausblick zu gewinnen. Betritt man einen der bogenförmig aufsteigenden Äste, um über das oberste Zweigwerk hinauszusehen, so beugt sich derselbe mitsamt dem Stamme, dem er entspringt, unter der Last des Körpers zur Erde nieder, und man versinkt wieder trostlos in das Meer der dunkelgrünen Legföhrenkronen. Ein



Legföhren im tirolischen Hochgebirge. Vgl. Text, S. 512.

solches Niederbeugen erfolgt aber auch unter der Last des Winterschnees; ja, die sich häufenden Schneemassen drücken dermaßen auf die bogenförmig aufsteigenden elastischen Äste, daß selbst die letzten mit Nadeln besetzten Verzweigungen platt auf die Erde zu liegen kommen. Wenn sich dann über die gewöhnliche Schneelage allenfalls auch noch der Schnee von Grundlawinen ausbreitet, so verstärkt sich der Druck so gewaltig, daß die benadelten Zweige dem Boden angepreßt werden. Das kann so weit gehen, daß selbst manche Zweigspitzen, welche im Sommer 1 m hoch über dem Boden standen, im Winter anläßlich des Schneedruckes dem Erdboden unmittelbar aufliegen. Schmilzt dann im kommenden Frühlinge der Schnee ab, und werden die Äste und Zweige allmählich entlastet, so heben sich diese zufolge ihrer außerordentlichen Elastizität empor und nehmen wieder jene Lage an, welche sie im verflossenen Sommer besaßen. Es erinnert dieser Vorgang, welcher sich hier von selbst vollzieht, lebhaft an die Manipulationen der Gärtner, welche die Rosenbäumchen im Herbste auf die Erde niederbeugen, mit einem schlechten Wärmeleiter bedecken, in dieser Lage den ganzen Winter über erhalten und erst im nächsten Frühlinge wieder emporheben und an aufrechten Pfählen anbinden. Häufig sieht man im Sommer an den mehr als 1 m hoch über dem Erdboden schwebenden Enden der Legföhrenzweige die alten Nadeln mit Erde und kleinen Steinchen verklebt, und wer von den oben geschilderten Vorgängen keine Kenntnis hat, begreift nicht recht, wie diese kleinen Steinchen an die Zweigenden gekommen sind. Thatsächlich bildet die vom Schmelzwasser durchfeuchtete Erde, welcher die Zweige über Winter aufliegen, das Klebemittel, und dasselbe ist so wirksam, daß selbst Steinchen von mehr als 1 cm Durchmesser den alten Nadelbüscheln anhaften. — Ähnlich wie die Legföhren verhalten sich auch noch mehrere andre alpine Sträucher, wie z. B. der Zwergwachholder (Juniperus nana) und die Alpenerle (Alnus viridis). Auch die Alpenrosengebüsche werden, wenn auch nicht so stark, durch den Schnee gegen den Boden gedrückt und sind dort gegen große Kälte und insbesondere gegen starke Ausstrahlung gesichert.

In der Waldregion erscheint als ein treffliches Schutzmittel häufig auch das dürre Laub, welches von den Bäumen fällt und sich in bald größerer, bald geringerer Mächtigkeit über den Boden und die niedern Gewächse ausbreitet. Am mächtigsten ist diese Laubschicht in den mitteleuropäischen Buchenwäldern, und die von ihr eingehüllten Stöcke des Waldmeisters, des Lungenkrautes, des Leberblümchens, der Haselwurz, des Sanikel und der Waldsteinie (Asperula odorata, Pulmonaria officinalis, Hepatica triloba, Asarum Europaeum, Sanicula Europaea und Waldsteinia geoides) erhalten sich unter ihr selbst in sehr strengen Wintern, ohne zu erfrieren, mit grünen Blättern bis in den nächsten Frühling.

Wieder andre Pflanzenarten erscheinen dadurch gegen große Kältegrade geschützt, daß sie sich über Winter sozusagen unter die Erde zurückziehen. Eine ganze Menge Zwiebel- und Knollengewächse erzeugen mit ihren oberirdischen grünen Blättern in den warmen Sonnenstrahlen des Sommers organische Verbindungen, leiten diese aber sofort in die Tiefe zu den unterirdischen Teilen des Stockes. Dort werden aus den zugeführten Stoffen dicke Stengel und Knollen, fleischige, schuppenförmige Blätter und auch die Anlagen für neue Laubblätter und Blüten erzeugt, welch letztere aber in demselben Jahre nicht mehr oberirdisch hervorkommen. Den Winter über bleiben diese Gebilde in der Erde begraben und sind dort so wie die Wurzeln gegen zu weit gehende Erkaltung geschützt. Erst nach Ablauf des Winters wachsen dann die schon im verflossenen Jahre angelegten Blütenstengel und Laubblätter empor, um zu blühen, zu fruchten und im Sonnenlichte neuerdings organische Stoffe für unterirdische Zwiebeln, Knollen und Wurzelstöcke zu bilden. Es ist interessant, zu sehen, daß Zwiebeln und Knollen desto tiefer in der Erde stecken, je mehr der Standort der Ausstrahlung und Erkaltung ausgesetzt ist, je mehr die Gefahr droht, daß im Winter nur eine seichte

Schneelage den Boden bedeckt, und je größer die Wahrscheinlichkeit ist, daß selbst diese von Stürmen weggefegt wird. Während beispielsweise die Zwiebeln und Knollen des Gelbsternes und der Hohlwurz (Gagea lutea und Corydalis cava), wenn sie im schwarzen Humus der Buchenwälder unter dürrem Laube wachsen, nur wenige Zentimeter tief unter der Oberfläche liegen, sind sie auf offenen Wiesen erst in drei- bis vierfach größerer Tiefe zu erreichen. Die Lage der Knollen vieler Orchideen sowie der Knollenzwiebeln der Zeitlose (Colchicum autumnale) kann geradezu als ein Anhaltspunkt gelten, um zu bestimmen, wie tief in einer



Ablösung der zur Überwinterung unter Wasser bestimmten Sprosse des krausblätterigen Laichkrautes (Potamogeton crispus).

bestimmten Gegend der Boden einfriert; denn regelmäßig erscheinen diese in Tiefen eingebettet, zu welchen der Frost des Winters nicht mehr vordringt.

Auch an Wasserpflanzen wird Ähnliches beobachtet. In den stehenden Gewässern der Tümpel und Teiche findet thatsächlich ein Zurückziehen der Pflanzen vor der andringenden Kälte des Winters, eine förmliche Flucht in die Tiefe statt. Die Stöcke der Wasserschere (Stratiotes aloides) sinken vor Beginn des Winters auf den Grund des Gewässers hinab, wo es kaum jemals zum Frieren kommt, überwintern dort und kommen erst wieder im nächsten Frühlinge an die Oberfläche. Das krausblätterige Laichkraut (Potamogeton crispus), von welchem obenstehend eine Abbildung eingeschaltet ist, entwickelt im Spätherbste nahe dem Wasserspiegel Sprosse, welche mit kurzen Blättern besetzt sind, und bevor noch die oberste Schicht des Wassers zu Eis wird, lösen sich diese Sprosse von dem alten Stengel ab, sinken in die Tiefe und bohren sich dort mit dem spitzen untern Ende in den Schlamm ein. Da unten kommt es wohl niemals zur Eisbildung, und die Sprosse sind in ihrem Winterquartiere gegen die Nachteile der großen Kälte trefflich geschützt.

Für Bäume und Sträucher, deren Stämme nicht wie jene der Legföhren über den Boden hingestreckt sind, sondern Säulen gleich von der Erde emporwachsen, und deren Kronen selbst über mächtige Schneeablagerungen noch weit hinausragen, kommt die Bedeckung des Bodens mit Schnee ebensowenig wie die Einhüllung mit Erde und Laub in Betracht. Bei einem großen Teile derselben löst sich das Laub, welches unter dem Einflusse der winterlichen Kälte Schaden leiden würde, in der schon früher geschilderten Weise (vgl. S. 329) von den Zweigen ab, nachdem früher alles, was in diesem Laube von brauchbaren Stoffen noch vorhanden war, in die Stammbildungen abgeleitet wurde. Die entblätterten Zweige sowie die Knospen für das nächste Jahr bleiben nun freilich oberirdisch zurück, sind dort der Winterkälte ausgesetzt und sollen befähigt sein, diese ohne Nachteil zu ertragen. Im Vergleiche zu dem abgeworfenen Laube sind die Zweige mit einer viel derbern Hautschicht bedeckt, und es macht den Eindruck, als ob eine solche Hautschicht die von ihr überkleideten Teile gegen Kälte auch besser zu schützen vermöchte, als es die Oberhaut der Laubblätter im stande gewesen wäre. Für eine sehr kurze Kälteperiode mag das auch der Fall sein, für längere Zeit ist aber selbst die dickste Haut nicht im stande, die Erkaltung der überkleideten Teile hintanzuhalten, sowenig wie die Borke an ältern Ästen und Stämmen. In lange andauernden Wintern mit ununterbrochener strenger Kälte nimmt auch das Innere der Zweige und Stämme die Temperatur der Umgebung an, und es hängt lediglich von der Widerstandsfähigkeit des Protoplasmas ab, ob die eintretende Erkaltung tödlich wirkt oder nicht. Aus verschiedenen Erscheinungen mag man den Schluß ziehen, daß diese Widerstandsfähigkeit desto größer ist, je mehr das Protoplasma in den Zellen der Zweige und Stämme Gelegenheit fand, sich im abgelaufenen Sommer und Herbste entsprechend vorzubereiten. War der Sommer warm und der Herbst mild, war der Eintritt der ersten Fröste sehr hinausgeschoben, und fand die Pflanze Zeit, sich für den Winter langsam einzupuppen, so erfrieren die Zweige nicht; war der Sommer kalt und naß, traten schon zeitig im Herbste Fröste ein, konnte das Betriebswasser nicht rechtzeitig entfernt werden, ist das Holz, wie die Gärtner sagen, noch nicht ausgereift, so kann ein halbwegs strenger Winter den Tod der holzigen Zweige im Gefolge haben, derselben Zweige, von welchen vielleicht in frühern Jahren viel strengere Winter ohne Nachteil überstanden wurden.

Immer wieder kommt man demnach darauf zurück, daß das Erfrieren oder Nichterfrieren einer Pflanze davon abhängt, ob der Zustand des Protoplasmas ein solcher ist, daß infolge der eintretenden Abkühlung sein molekularer Aufbau dauernd zerstört wird oder nicht, und daß eigentlich der wirksamste Schutz in der Konstitution des Protoplamas selbst gesucht werden muß. Da wir die Konstitution nicht kennen, so ist es müßig, sich darüber in Mutmaßungen zu verlieren. Gewiß ist nur das eine, daß die Widerstandsfähigkeit des Protoplasmas eine sehr verschiedene ist und zwar sowohl in den verschiedenen Pflanzenarten als auch zu verschiedenen Zeiten in einer und derselben Pflanzenart.

Analog den Ergebnissen, zu welchen die Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen geführt haben, sind jene, welche durch die Studien über das Versengen der Pflanzen gewonnen wurden.

Wenn ein Pflanzenteil infolge von Erhöhung der Temperatur die Fähigkeit, Nahrung aufzunehmen, zu atmen und sich weiterzubilden, einbüßt, so sagen wir, er sei versengt worden. Die äußerlich an versengten Pflanzen wahrzunehmenden Erscheinungen sind jenen ganz ähnlich, welche an den durch Erfrieren getöteten beobachtet werden. Das grüne Gewebe ist verfärbt, zeigt ein dunkleres Kolorit, ist mehr durchscheinend, welkt und vertrocknet, und weder die Zufuhr von Wasser noch die Herabminderung der Temperatur können den frühern Zustand wiederherstellen. Im Innern der Zellen sieht man das Protoplasma geballt, von der Zellhaut abgehoben und Wasser ausgeschieden, das bisher im

molekularen Verbande des Protoplasmas gestanden hatte. Sehr deutlich vermag man diese Veränderungen an Wasserpflanzen zu verfolgen, deren Zellwände so durchsichtig sind, daß sie den Einblick in das Innere der Zellkammern gestatten. Wenn man die auf S. 24, Fig. 3, abgebildeten Zellen der Wasserpflanze Elodea bei einer Temperatur des umgebenden Wassers von 30° unter dem Mikroskope betrachtet, so sieht man das Protoplasma in jener lebhaften Strömung, welche auf S. 32 geschildert wurde. Wird die Temperatur auf 40° erhöht, so wird diese Strömung langsamer, und bei 41° hört sie ganz auf, ohne daß aber das Protoplasma sonst eine besondere Veränderung zeigen würde. Auch wenn die Temperatur auf 45° und allmählich bis 50° steigt, ändert sich nichts an dem Bilde; erst bei 52° tritt dann eine sehr auffallende Veränderung ein. Die im Protoplasma eingebetteten Stärkekörner zerklüften; das Protoplasma zieht sich zusammen und bildet krümelige, klumpige Massen, die sich um die zerklüfteten Stärkekörnchen ballen; dasselbe ist jetzt starr, die eiweißartigen Stoffe in demselben sind geronnen oder koaguliert. Sinkt nachträglich die Temperatur wieder auf 30° herab, so wird das Protoplasma doch nicht mehr beweglich und lebendig, und wir müssen daher annehmen, daß sein molekularer Aufbau bei 52° eine nicht mehr zu reparierende Veränderung erlitten hat, daß es getötet worden ist.

In der Hauptsache beruht demnach das Versengen auf dem Gerinnen der eiweißartigen Verbindungen, auf der Destruierung der Stärkekörnchen, auf der Zerstörung des Protaplasmas. Würde das Gerinnen der eiweißartigen Verbindungen und die Veränderung der Stärkekörnchen stets bei einer und derselben Temperatur erfolgen, so würden wahrscheinlich auch alle Pflanzen bei derselben Temperatur versengt werden. Das ist aber nicht der Fall. Nicht nur, daß die verschiedenen Eiweißstoffe bei verschiedenen Temperaturen (60—80°) gerinnen, so wird auch die Gerinnbarkeit desselben Eiweißstoffes wesentlich beeinflußt durch den Wassergehalt und durch die Gegenwart von Salzen und Säuren. Bei Gegenwart von viel Salzen kann z. B. das Gerinnen schon bei 50° erfolgen. Auch die Zerstörung der Stärkekörner erfolgt nicht immer bei derselben Temperatur. In Wasser quellen größere Stärkekörner bei 55° auf, kleinere erst bei 65°, und damit trockne Stärkekörner destruiert werden, sind noch höhere Temperaturen notwendig. Unter solchen Verhältnissen darf es nicht wundernehmen, daß Pflanzenarten, deren Protoplasma eine verschiedene Konstitution zeigt, bei sehr verschiedenen Temperaturen versengt werden. Die Vorgänge, welche an der oben erwähnten Elodea bei 30, 41 und 52° beobachtet wurden, sieht man an andern Wasserpflanzen bei andern Temperaturen eintreten. In den Zellen der Vallisnerie (Vallisneria spiralis), welche die Abbildung auf S. 24, Fig. 2, darstellt, hört die Strömung des Protoplasmas erst über 43° auf, und die Ballung des Protoplamas infolge des Gerinnens der Eiweißstoffe erfolgt erst bei 53—54°. Bei der in Madagaskar heimischen Wasserpflanze Aponogeton fenestralis findet das Gerinnen und die Tötung des Protoplasmas erst bei 55° statt. Manche Algen vertragen selbst noch höhere Temperaturen. In den Rinnen, durch welche das warme Wasser des Karlsbader Sprudels abfließt, gedeihen bei einer Temperatur von 55 bis 56° noch dunkle Oscillarien; in den Quellen von Abano, welche eine Temperatur von nahezu 60° besitzen, findet sich noch Sphaerotilus thermalis, und auch in der Solfatara bei Neapel sind die Seitenwände der Felsenspalten, aus welchen der Dampf mit einer Temperatur von 55 bis 60° herausqualmt, noch mit grünen Anflügen von Algen überzogen.

Bei den Pflanzen, welche nicht untergetaucht im Wasser leben, hat neben der spezifischen Konstitution des Protoplasmas auch der Wassergehalt auf das Versengtwerden einen wesentlichen Einfluß. Wenn die von Luft umspülten Gewebe wasserarm sind, vertragen sie weit höhere Temperaturen, als wenn sie von Wasser strotzen. Für wasserreiche Zellen der Stein- und Erdpflanzen dürfte in den meisten Fällen 55° die höchste

Temperatur sein, welche sie noch annehmen können, ohne zu versengen. Die Dickblätter vermögen in der Sonne Temperaturen von 50 bis 53° längere Zeit ohne Nachteil zu überdauern. Die Sporen von Schimmelpilzen (Rhizopus nigricans und Penicillium glaucum) hat man bei 54—55° noch keimen und sich weiterentwickeln sehen. Im trocknen Zustande gehen jene Zellen und Gewebe, welche ohne Schaden austrocknen können, auch unter dem Einflusse weit höherer Temperaturen nicht zu Grunde. Die Krustenflechten, welche an den Kalkfelsen auf den schattenlosen Einöden des Karstes in Istrien und Dalmatien haften (Aspicilia calcarea, Verrucaria purpurascens und V. calciseda), sind an wolkenlosen Tagen im Sommer mehrere Stunden lang regelmäßig einer Temperatur von 58 bis 60° ausgesetzt, ohne dadurch Schaden zu leiden, und die Mannaflechte (Lecanora esculenta), von welcher untenstehend eine Abbildung eingeschaltet ist, wird so wie das Gestein, dem sie in der Wüste aufgelagert ist, oft genug auf 70° erhitzt, ohne zu verderben. Auch die Samen, welche oberflächlich dem Wüstensande eingelagert sind und hier die lange Zeit der Dürre



Mannaflechte (Lecanora esculenta) in der Wüste.

überdauern, nehmen ohne Zweifel die Temperatur ihrer Umgebung an. Diese beträgt am Nachmittage regelmäßig 60—70°, was aber für die Samen ohne Nachteil ist; denn wenn dann wieder die Regenzeit kommt, werden sie aus ihrem Sommerschlafe geweckt und keimen aus dem befeuchteten und abgekühlten Boden hervor. Die höchste Temperatur in der oberflächlichen Bodenschicht wurde nahe dem Äquator auf der Station Chinchoxo an der Loangoküste beobachtet. Dieselbe überstieg in sehr zahlreichen Fällen 75°, erreichte oft 80° und einmal sogar 84,6°. Auch diesem Boden fehlt es in der Regenzeit nicht an einjährigen Gewächsen, und ohne Zweifel haben die trocknen Samen dieser Gewächse in dem zeitweilig bis über 80° erhitzten Sande monatelang gelegen, ohne dadurch ihre Keimkraft einzubüßen. Es ist durch Versuche auch festgestellt, daß Samen, welchen man durch Chlorcalcium möglichst viel Wasser entzieht, auf den Siedepunkt des Wassers gebracht werden können, ohne dadurch getötet zu werden. Von verschiedenen Samen, denen man 50 Stunden lang Wasser entzogen hatte, und welche dann 3 Stunden hindurch auf 100° erwärmt wurden, keimten noch jene der Linsen (und zwar 49 Prozent der zu dem Versuche verwendeten Stücke), der Wicken (50 Prozent), des Knoblauchs (60 Prozent), des Weizens (75 Prozent), des Majorans (78 Prozent) und der Melonen (96 Prozent). Selbst von jenen früher ausgetrockneten Samen, welche beiläufig 15 Minuten lang einer Temperatur von 110 bis 125° ausgesetzt wurden, keimte immer noch ein kleiner Prozentanteil, und es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß es Arten gibt, deren Samen noch höhere Temperaturen ohne Nachteil vertragen.

Aus diesen Erfahrungen erhellt zur Genüge, daß die eiweißartigen Substanzen des Protoplasmas viel Wasser abgeben können, ohne dadurch Schaden zu leiden, und daß durch die Wasserabgabe bis zu einem gewissen Grade ein Schutz gegen das Gerinnen und Versengtwerden gegeben ist.

In der freien Natur laufen auch die meisten Einrichtungen, durch welche sich die Pflanzen gegen das Versengtwerden schützen, auf eine zeitgemäße Wasserabgabe hinaus. Die Steinpflanzen, namentlich die Krustenflechten, welche am meisten Gefahr laufen, versengt zu werden, sind so organisiert, daß sie in kürzester Zeit viel Wasser fahren lassen können; sie werden dann starr und spröde, man kann sie zu Staub zerreiben, und es scheint kaum glaublich, daß diese ausgedorrten Gebilde wieder lebendig werden können. Mit den Steinmoosen verhält es sich nicht anders. Auch mehrere Volvocineen, Sphaerella pluvialis und noch verschiedene andre in seichten Tümpeln und Rinnsalen lebende Sporenpflanzen vertrocknen nach dem Verdunsten des an ihrem Standorte angesammelten Wassers mit dem Schlamme zu Staub und sind in diesem Zustande gegen das Versengen geschützt. Wird der Staub, welcher zur Zeit der Dürre täglich mehrere Stunden hindurch auf 60° erwärmt war, später befeuchtet, so erwachen alle die kleinen Sporenpflanzen wieder aus ihrem Scheintode, und, was nicht übersehen werden darf, auch die winzigen Rädertierchen und verschiedene Infusorien, welche in demselben erhitzten Staube eingelagert waren, rühren sich wieder, spielen mit ihren Wimpern und liefern den Beweis, daß auch für das tierische Protoplasma die rechtzeitige Wasserabgabe das beste Schutzmittel gegen das Versengtwerden ist. In den Wüsten und Steppen und in allen Gegenden, wo in heißer, regenloser Zeit der Boden oberflächlich bis zu 70° erwärmt wird, gibt es bekanntlich auffallend viele einjährige Gewächse. Sobald die heiße Periode beginnt, sind Blätter, Stengel und Wurzeln bereits abgestorben, und die Pflanzen haben ihre Samen ausgestreut. Diese Samen sind aber sehr wasserarm, können auch von dem wenigen Wasser, das sie enthalten, noch einen Teil ohne Nachteil abgeben und sind so gegen das Versengtwerden am besten geschützt.

Von den ausdauernden Pflanzen solcher Gebiete wirft ein Teil am Schlusse der Regenzeit das Laub ab und überdauert die heiße, trockne Periode mit entblätterten, scheinbar dürren Zweigen, andre geben alle ihre oberirdischen Teile dem Versengen preis, erhalten sich nur unterirdisch in einer Region, wo die Erde niemals so hohe Temperaturen annimmt, und verschlafen dort die heiße Zeit als ruhende Knollen, Zwiebeln und Wurzelstöcke. Es darf hier auch daran erinnert werden, daß in Gegenden, wo hohe Temperaturen nicht mit großer Trockenheit gepaart sind, der übermäßigen Erwärmung durch die Verdunstung der saftreichen Gewebe gesteuert werden kann, indem bekanntlich die verdunstenden Körper immer auch eine Abkühlung erfahren. Endlich ist hier auch noch des Umstandes zu gedenken, daß manche Pflanzen Orte zur Ansiedelung wählen, wo sie dem Versengtwerden selbst an den heißesten Tagen des Jahres nicht ausgesetzt sind. Im Schutze schattenspendender Felswände und überall da, wo die Sonnenstrahlen nicht ungeschwächt und unmittelbar einwirken können, erreicht selbst am Äquator der Boden niemals jene Temperaturen, welche ein Versengen saftiger Pflanzenteile veranlassen könnten, und noch weniger vermöchte die an schattigen Stellen maßgebende Wärme der Luft einen solchen Effekt zu erzielen; denn die höchsten bisher beobachteten Schattentemperaturen gehen über 40° wenig hinaus (42° in Abu Arich in Arabien; 43,1° am Flusse Macquaire in Australien), und bei dieser Temperatur werden in keiner einzigen Pflanze die Eiweißstoffe zum Gerinnen gebracht.

Es fragt sich nun, wie die Ergebnisse, welche die Untersuchungen über das Erfrieren und Versengen geliefert haben, mit den früher ermittelten Beziehungen der Wärme zur lebenden Pflanze, insbesondere mit der Theorie des Wachstums, in Einklang gebracht

werden können. Wir haben uns das Wachstum als eine molekulare Arbeit der lebendigen Protoplasten gedacht und stellen uns vor, daß sich die Moleküle und Molekülgruppen des Protoplasmas wie bei jeder Arbeit in Wärmeschwingungen von gewisser Größe befinden, oder mit andern Worten, daß für jede Arbeit und insbesondere für das Wachstum ein bestimmter Wärmegrad notwendig ist. Gehen nun die Wärmeschwingungen über die festgesetzte Grenze hinaus, so wird dadurch die Lagerung, es werden die gegenseitigen Beziehungen der Moleküle im Protoplasma vollständig geändert, und es erfolgen Umlagerungen, welche nachträglich nicht mehr gutgemacht werden können. Das Protoplasma hat dann die Fähigkeit, sich weiter zu ernähren und sich zu vergrößern, eingebüßt, es ist versengt, es ist getötet worden. Dasselbe geschieht, wenn die Intensität der Wärmeschwingungen unter ein gewisses Maß herabsinkt. Auch da erfolgen Umlagerungen in der Substanz des Protoplasmas, welche irreparabel sind und die den Tod des lebendigen Protoplasten zur Folge haben. Durch ein Zuviel ebenso wie durch ein Zuwenig der Wärme kann demnach die molekulare Arbeit der lebendigen Protoplasten, welche als Wachstum erscheint, aufgehalten und sogar vollständig unterbrochen werden, und zwar erfolgt die Unterbrechung in dem Protoplasma verschiedener Arten auch unter dem Einflusse verschiedener Wärmegrade. So wie Wasser, Alkohol, Quecksilber bei bestimmten Temperaturen erstarren und bei bestimmten Temperaturen in Dampfform übergehen, so gibt es auch für das Protoplasma jeder Art eine Temperatur, bei welcher dasselbe erfriert, und eine Temperatur, bei welcher es versengt wird. Das führt aber auch zu der Vorstellung, daß die Moleküle und Molekülgruppen in jedem Protoplasma, solange dasselbe lebendig ist, sich in Schwingungen von bestimmter Größe und Intensität befinden und zwar auch dann, wenn von ihnen nicht gerade jene Arbeit geleistet wird, welche uns als Wachstum erscheint, mit andern Worten, daß schon zur Erhaltung des Lebens im scheinbar ruhenden Protoplasma eine bestimmte Wärmemenge notwendig ist, und daß man demzufolge auch nicht berechtigt ist, anzunehmen, daß alle der Pflanze zukommende Wärme zum Wachstume verbraucht wird.

Berechnung der zum Wachstume nötigen Wärme.

Nach der zur Erklärung zahlreicher Lebenserscheinungen mit bestem Erfolge herangezogenen mechanischen Wärmetheorie kann jede Bewegung in Wärme verwandelt und durch Wärme gemessen werden. Sollte es nicht möglich sein, diesen Grundsatz auch auf die Pflanzenwelt, zumal auf die Erscheinungen des Wachstums, in Anwendung zu bringen, sollte es nicht möglich sein, festzustellen, wieviel Wärme die Pflanze zu jeder ihrer Arbeiten in einem bestimmten Zeitraume verbraucht, und danach ihr Wärmebedürfnis als eine konstante Größe ziffermäßig festzustellen? Diese Frage wurde oftmals gestellt, und es fehlt auch nicht an Versuchen, dieselbe zu beantworten. Es wäre ja nicht nur von theoretischem, sondern auch von großem praktischen Werte, zu wissen, wieviel Wärme unsre Forstbäume, unsre Getreidearten und andre Nutzpflanzen zum Abschlusse ihres jährlichen Lebenscyklus bedürfen, zu wissen, wieviel Wärme notwendig ist, damit die Samen dieses oder jenes Kulturgewächses keimen, wieviel notwendig ist, damit die aufgekeimten Pflanzen zum Blühen kommen, und welches Wärmemaß sie beanspruchen, um keimfähige, vollwichtige Samen auszureifen. Wäre es ausführbar, diese Wärmemengen, welche man thermische Vegetationskonstanten nannte, festzustellen, so würde sich auch für jeden Ort aus den dort herrschenden Wärmeverhältnissen im vorhinein berechnen lassen, ob diese oder jene Pflanzenarten noch fortkommen, ob sie noch reife Früchte bringen können, und ob ihr Anbau ein vorteilhafter und empfehlenswerter ist oder nicht.

Die in der angedeuteten Richtung bisher gewonnenen Resultate lassen freilich noch sehr viel zu wünschen übrig, sind aber doch von so hohem Interesse, daß sie hier nicht mit Stillschweigen übergangen werden dürfen. Was zunächst die ersten Wachstumsvorgänge, die Keimung von Sporen und Samen, anlangt, so hat sich durch Versuche herausgestellt, daß nicht wenige Arten schon bei sehr niedern Temperaturen zu keimen vermögen. Die Samen des weißen Senfes, des Hanfes, des Weizens und des Roggens, des Spitzahorns und des Ackerveilchens keimen schon bei einer Temperatur, welche dem Eispunkte sehr nahe steht, zwischen 0 und 1°; andre, wie die Gartenkresse, der Lein, Spinat, die Zwiebel, der Mohn, die Zuckerrüben und das englische Raigras, keimen bei Temperaturen zwischen 1 und 5°; Fisolen, Esparsette, Rispenhirse, Mais, Sonnenblumen bei Temperaturen zwischen 5 und 11°; Paradiesapfel, Tabak, Kürbis bei Temperaturen zwischen 11 und 16°; Gurken, Melonen und Kakaobohnen erst über 16°. Das ist so zu verstehen, daß die Melonensamen, wenn sie in eine feuchte Erde gelegt werden, deren Temperatur unter 15° liegt, zwar Feuchtigkeit einsaugen und anschwellen, daß aber in den Zellen des Embryos bei dieser Temperatur noch nicht jene Veränderungen hervorgebracht werden, welche als Wachstum derselben erscheinen. Erst wenn die Temperatur des Keimbeetes über 15° steigt, streckt sich der Embryo und schiebt sich das Würzelchen aus den Samenhüllen vor. Alle diese Zahlen würden aber für sich allein nur ein sehr unvollkommenes Bild von den Wärmebedürfnissen der keimenden Samen geben, wenn nicht auch ermittelt würde, wie lange der Same den angegebenen Temperaturen ausgesetzt sein muß, damit sich sein Embryo vergrößert und auswächst. Wenn man ein Hühnerei nur zwei oder drei Tage einer Temperatur von 35 bis 40° aussetzt, so wird dasselbe nicht ausgebrütet; nur dann, wenn es sich 20—21 Tage hindurch unter dem Einflusse dieser konstanten Temperatur befindet, kann das Ei ausgebrütet werden. Dasselbe ist nun auch bei den Pflanzensamen der Fall. Es folgt zunächst eine Auswahl aus den in dieser Beziehung gewonnenen Resultaten:

Es keimten bei einer konstanten Temperatur von	die Samen von	in Tagen	Es keimten bei einer konstanten Temperatur von	die Samen von	in Tagen
4,6°	Leinbotter	4	10,5°	Bibernell	10
	Erbsen	5		Mais	11
	Spinat	9		Rispen-Mohrhirse	13
	Mohn	10		Kümmel	16
	Zuckerrüben	22		Sonnenblumen	25
	Mohar	24	15,6°	Paradiesapfel	6
10,5°	Fisolen	3		Tabak	9
	Lieschgras	6	18,5°	Gurken	5
	Esparsette	7		Melonen	17

Wenn man nun die Zahl der Tage mit der Temperatur multipliziert, so könnte das Produkt als eine empirische Formel für die zum Keimungsprozesse nötige Wärme angesehen werden. Es wird nun vorausgesetzt, daß dieses Produkt eine konstante Größe sei, und es wird dasselbe als „thermische Konstante“ betrachtet. Es würde sich auf diese Weise für das Keimen der Samen des Leinbotters die thermische Konstante 184, für den Mohn 460, für den Mais 1155 u. s. f. ergeben.

Bei diesen Berechnungen kommen selbstverständlich nur die konstanten Temperaturen des von den Sonnenstrahlen nicht direkt getroffenen Keimbettes in Betracht. Bei weitem komplizierter gestaltet sich die Sache, wenn es sich darum handelt, auch die Konstanten für andre Entwickelungsstufen der Pflanzen, für das Vorschieben des Laubes aus den Knospen, das Öffnen der ersten Blüten und das Reifen der ersten Früchte, festzustellen. Diese

Wachstumserscheinungen finden nämlich an den meisten im Freien stehenden Pflanzenstöcken nicht im Schatten, sondern in der Sonne statt. Auch ist an den Beobachtungsorten die Temperatur nicht konstant, sondern wechselt von Stunde zu Stunde, erreicht kurz vor Sonnenaufgang ihren niedrigsten und in den ersten Stunden des Nachmittages ihren höchsten Stand. Da nun die Erfahrung gezeigt hat, daß sich die Größe des Zuwachses vorzüglich nach der höchsten Temperatur in der Sonne richtet, so wurden zur Berechnung der Konstanten für die oben erwähnten Wachstumsphänomene weder die Schattentemperaturen noch die Mitteltemperaturen, sondern die Angaben des der Sonne ausgesetzten Maximumthermometers benutzt. Man summiert, vom ersten Januar angefangen, die täglichen an einem der Sonne ausgesetzten Maximumthermometer abgelesenen Temperaturen bis zu dem Tage, an welchem an einem in nächster Nähe stehenden, von der Sonne beschienenen Pflanzenstocke die Laubblätter sich aus der Knospe vorschieben, die ersten Blüten sich entfalten und die ersten Samen reifen, und nimmt die so gewonnenen Zahlen als Konstanten an.

Eine Auswahl aus den auf diesem Wege durch mehrjährige Beobachtungen im mittlern Deutschland (Gießen) gewonnenen Konstanten möge hier ihren Platz finden.

Konstanten für das Hervortreten der Laubblätter aus den Knospen.

Stachelbeere (Ribes Grossularia) 478°,
Haselnuß (Corylus Avellana) 1061°,
Rotbuche (Fagus silvatica) 1439°,
Platane (Platanus acerifolia) 1503°,
Walnußbaum (Juglans regia) 1584°.

Konstanten für die Entfaltung der ersten Blüten.

Haselnuß (Corylus Avellana) 226°,
Seidelbast (Daphne Mezereum) 303°,
Schneeglöckchen (Galanthus nivalis) 311°,
Märzveilchen (Viola odorata) 576°,
Kornelkirsche (Cornus mas) 576°,
Aprikose (Prunus Armeniaca) 843°,
Hohlwurz (Corydalis cava) 863°,
Kellerhalsblätterige Weide (Salix daphnoides) 968°,
Himmelsschlüssel (Primula officinalis) 968°,
Spitzahorn (Acer platanoides) 1100°,
Pfirsich (Persica vulgaris) 1100°,
Stachelbeere (Ribes Grossularia) 1138°,
Mandelbaum (Amygdalus communis) 1196°,
Vogelkirsche (Prunus avium) 1265°,
Schlehdorn (Prunus spinosa) 1265°,
Birnbaum (Pirus communis) 1304°,
Traubenkirsche (Prunus Padus) 1325°,
Apfelbaum (Pirus Malus) 1423°,
Pflaumenbaum (Prunus domestica) 1423°,
Alpengeißblatt (Lonicera alpigena) 1458°,
Stieleiche (Quercus pedunculata) 1556°,
Flieder (Syringa vulgaris) 1556°,
Walnußbaum (Juglans regia) 1584°,
Sauerdorn (Berberis vulgaris) 1615°,
Weiße Narzisse (Narcissus poeticus) 1615°,
Hagedorn (Crataegus Oxyacantha) 1649°,
Maiglöckchen (Convallaria majalis) 1649°,
Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum) 1708°,
Pfingstrose (Paeonia officinalis) 1818°,
Goldregen (Cytisus Laburnum) 1818°,
Eberesche (Sorbus aucuparia) 1844°,
Fichte (Abies excelsa) 1904°,
Platane (Platanus acerifolia) 2115°,
Schwarzer Holunder (Sambucus nigra) 2313°,
Tollkirsche (Atropa Belladonna) 2346°,
Robinie (Robinia Pseudacacia) 2404°,
Föhre (Pinus silvestris) 2404°,
Weiße Seerose (Nymphaea alba) 2506°,
Wohlverleih (Arnica montana) 2538°,
Tulpenbaum (Liriodendron tulipifera) 2538°,
Gartenrose (Rosa centifolia) 2538°,
Roter Fingerhut (Digitalis purpurea) 2640°,
Kartäusernelke (Dianthus Carthusianorum) 2640°,
Weinstock (Vitis vinifera) 2878°,
Großblätterige Linde (Tilia grandifolia) 3033°,
Kleinblätterige Linde (Tilia parvifolia) 3274°,
Hafer (Avena sativa) 3444°,
Weiße Lilie (Lilium candidum) 3378°,
Kastanie (Castanea sativa) 3660°,
Sandimmortelle (Helichrysum arenarium) 3918°,
Gemeines Heidekraut (Calluna vulgaris) 4164°,
Trompetenbaum (Catalpa syringaefolia) 4275°,
Azurblaue Aster (Aster Amellus) 4874°,
Syrischer Eibisch (Hibiscus Syriacus) 4986°,
Herbstzeitlose (Colchicum autumnale) 5024°,
Epheu (Hedera Helix) 5910°.

Konstanten für die Fruchtreife.

Gemeine Erdbeere (Fragaria vesca) 2671°,
Vogelkirsche (Prunus avium) 2778°,
Seidelbast (Daphne Mezereum) 2935°,
Rote Johannisbeere (Ribes rubrum) 3069°,
Stachelbeere (Ribes Grossularia) 3596°,
Alpengeißblatt (Lonicera alpigena) 4164°,

Eberesche (Sorbus aucuparia) 4339°,
Gerste (Hordeum vulgare) 4403°,
Aprikose (Prunus Armeniaca) 4435°,
Apfelbaum (Pirus Malus) 4730°,
Sauerdorn (Berberis vulgaris) 4765°,
Kartäusernelke (Dianthus Carthusianorum) 4874°,
Schwarzer Holunder (Sambucus nigra) 4913°,
Birnbaum (Pirus communis) 5024°,
Kornelkirsche (Cornus mas) 5416°,
Pflaume (Prunus domestica) 5780°,
Weinstock (Vitis vinifera) 5780°,
Pfirsich (Persica vulgaris) 6004°,
Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum) 6034°,
Stieleiche (Quercus pedunculata) 6236°.

Konstanten für den Beginn des Laubfalles.

Traubenkirsche (Prunus Padus) 6179°,
Kleinblätterige Linde (Tilia parvifolia) 6644°,
Schwarzer Holunder (Sambucus nigra) 6644°,
Alpengeißblatt (Lonicera alpigena) 6759°,
Birnbaum (Pirus communis) 6788°,
Walnußbaum (Juglans regia) 6816°,
Trompetenbaum (Catalpa syringaefolia) 6816°,
Kellerhalsblätterige Weide (Salix daphnoides) 6838°,
Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum) 6863°,
Haselnuß (Corylus Avellana) 6884°,
Stachelbeere (Ribes Grossularia) 6884°,
Rotbuche (Fagus silvatica) 6884°,
Weinstock (Vitis vinifera) 6913°,
Stieleiche (Quercus pedunculata) 6979°,
Apfelbaum (Pirus Malus) 6999°,
Kastanie (Castanea sativa) 7023°,
Vogelkirsche (Prunus avium) 7023°,
Platane (Platanus acerifolia) 7145°.

Obschon die Berechnungen, welche an verschiedenen Orten und in verschiedenen Jahren zur Probe ausgeführt wurden, Zahlen ergeben haben, welche von den obigen nicht bedeutend abweichen, und es somit den Anschein hat, als ob diese Konstanten wirklich etwas Konstantes wären, so wird doch das Vertrauen auf dieselben durch die nachfolgenden Betrachtungen einigermaßen herabgemindert.

Was zunächst das Keimen der Samen anlangt, so läßt sich aus verschiedenen Erscheinungen schließen, daß auf diesen Wachstumsvorgang neben der Temperatur des Keimbettes nicht zum wenigsten auch die bei der Atmung im Innern der Samen frei werdende Wärme Einfluß nimmt. Samen, in deren Zellen das Protoplasma durch einen äußern Anstoß, vielleicht durch ein Minimum strahlender oder geleiteter Wärme, einmal in raschere Bewegung versetzt worden ist, atmen ziemlich lebhaft. Dabei werden die in ihnen aufgespeicherten Reservestoffe verbrannt und wird so viel Wärme frei, daß nicht nur ein Auswachsen des Embryos ermöglicht ist, sondern daß auch noch Wärme an die Umgebung abgegeben werden kann. Man hat die Würzelchen keimender Ahorn- und Weizensamen, die zufällig in Eiskeller gelangt waren, in die Eisblöcke hineinwachsen sehen, was nur dadurch geschehen konnte, daß die aus den Samenhüllen hervorbrechenden Würzelchen das Eis, mit welchem sie in Berührung kamen, zum Schmelzen brachten und ähnlich wie die auf S. 466 beschriebenen Blütenknospen der Soldanellen sich in die gebildete Höhlung einschoben. In vielen Fällen darf man demnach bezweifeln, daß das beim Keimen beobachtete Wachstum des Embryos nur auf Rechnung der gemessenen, den Samen aus der Umgebung zugekommenen Wärme zu setzen ist. Anderseits ist es zweifelhaft, ob die an dem Thermometer abgelesene, auf die Pflanze von außen eindringende Wärme nur zum Wachstume verwendet wird. Ein Teil derselben kann verbraucht werden, um den betreffenden Pflanzenteil am Leben zu erhalten (vgl. S. 520), ein andrer Teil kann bei der Herstellung und bei der Wandlung und Wanderung der Baustoffe nutzbar sein, und nur ein weiterer Teil mag dann bei dem Wachstume eine Rolle spielen. Aber nicht genug an dem; es ist auch zweifelhaft, ob die auf die Pflanze von außen eindringende gemessene Wärme innerhalb des angegebenen Zeitraumes immer auch vollständig zu allen im Innern der Pflanze sich abspielenden chemischen Umsetzungen und molekularen Umlagerungen verwertet werden kann, und ob nicht mitunter ein unbenutzter Überschuß vorhanden ist, der dann bei der Berechnung eigentlich abgezogen werden sollte. Es wird bei den Berechnungen stillschweigend vorausgesetzt, daß dann, wenn die Pflanze einer konstanten Temperatur von 20° zwölf Stunden lang ausgesetzt ist, die gesamte Wärme, welche das Quecksilber zwölf Stunden hindurch

bis zu 20° auszudehnen im stande war, auch von der Pflanze verwertet wurde. Daß dem aber nicht immer so sei, zeigen die nachfolgenden Beobachtungen:

Es keimten die Samen des	ausgesetzt einer Temperatur von	in Stunden	Daraus berechnete Konstante
Weißen Senfes (Sinapis alba) . . .	4,6°	48	220,8
	10,5°	36	378,0
Hanfes (Cannabis sativa)	4,6°	72	331,2
	10,5°	48	504,0
Leines (Linum usitatissimum) . . .	4,6°	144	662,4
	10,5°	96	1008,0
Maises (Zea Mais)	16,1°	144	2318,4
	44,0°	80	3520,0

Aus diesen Beobachtungen läßt sich leicht entnehmen, daß in jenen Fällen, wo der Same einer Pflanzenart höherer Temperatur ausgesetzt war, nur ein Teil der zugeführten Wärme zum Keimen wirklich verwendet wurde, und daß daher die auf Grundlage dieser Beobachtungen berechneten Konstanten viel zu hoch ausfallen mußten.

Nur dann, wenn wir am Thermometer die innerhalb einer bestimmten Zeit wirklich von der nebenstehenden Pflanze verbrauchte Wärmemenge ablesen könnten, würden die danach berechneten Konstanten den Anspruch auf Genauigkeit haben und zu Vergleichen brauchbar sein. Diese Bedingungen sind aber eben nicht erfüllt. Gewöhnlich wird hier nur „post hoc propter hoc“ geschlossen, es werden Thermometerangaben in Rechnung gebracht, in welchen auch der von der Pflanze nicht verwendete Wärmeüberschuß enthalten ist, und demzufolge sind dann die Konstanten auch nicht der richtige Ausdruck für die zum Wachstume wirklich verwendete Wärmemenge.

Noch weit unsicherer als bei den in beschatteter Erde keimenden Samen sind die Grundlagen, auf welche sich die Berechnung der Konstanten für die unter dem direkten Einflusse der Sonnenstrahlen wachsenden oberirdischen Organe stützt. Schon der Umstand, daß die Sonnenstrahlen auf Laub, Blüten und Früchte wesentlich anders wirken als auf das Quecksilber des Thermometers, muß Bedenken erregen. Diesem Übelstande kann nun freilich dadurch abgeholfen werden, daß man bei allen Beobachtungen die gleichen Instrumente verwendet und entsprechende Korrekturen in Anwendung bringt; wichtiger ist dagegen, daß wir keinen Anhaltspunkt haben, um zu ermitteln, wieviel Licht in dem wachsenden, den Sonnenstrahlen ausgesetzten Organe in Wärme umgewandelt wird. Mit zunehmender Seehöhe wächst die Intensität des Lichtes, und es wächst auch seine Bedeutung für das Wachstum von einer Höhenstufe des Landes zur andern. Diese Beziehungen ziffermäßig festzustellen, zumal an den im Freien beobachteten Pflanzen und Thermometern festzustellen, ist aber unmöglich.

Es darf nicht übersehen werden, daß sich die Wärmeaufnahme auch nach der Individualität des beobachteten Pflanzenstockes und nach der Konstitution des Protoplasmas der betreffenden Art richtet. Die Samen des weißen Senfes werden schon durch Temperaturen, die ganz nahe dem Eispunkte liegen, zum Wachstume angeregt, während die Samen der Melone erst keimen, wenn auf sie wenigstens 17 Tage lang die Temperatur von 18,5° Einfluß genommen hat. Das beweist, daß jede Art gewissermaßen ihren eignen untern Nullpunkt hat, bei welchem das Wachstum beginnt, und es sollte eigentlich bei allen Berechnungen der zum Wachstume der Stengel und des Laubes einer bestimmten Art verbrauchten Wärme immer nur von diesem Nullpunkte ausgegangen werden. Auch ist es eine von allen Gärtnern bekräftigte Erfahrung, daß an den meisten Pflanzen zur Ausbildung der Blüten höhere Temperaturen als zur Entwickelung des Laubes und zum

Reifen keimfähiger Samen wieder höhere Temperaturen als zur Entfaltung der Blüten notwendig sind. Einzelne Arten zeigen allerdings auch in dieser Beziehung rätselhafte Abweichungen. Die Akazie (Robinia Pseudacacia) entwickelt in Unteritalien ihre Blüten vor den Laubblättern, und wenn dort die Akazienbäume schon in voller Blüte stehen, sind ihre Laubblättchen noch winzig und zusammengefaltet; nordwärts der Alpen entfalten sich durchweg die Laubblätter zu gleicher Zeit mit den Blüten. Und doch bringen wir in allen Fällen immer die von dem Thermometer angezeigte Wärme so in Rechnung, als ob sie von der nebenstehenden Pflanze in allen Entwickelungsstadien in gleicher Weise verbraucht worden wäre.

Endlich ist noch darauf hinzuweisen, daß gewisse Veränderungen, welche während der scheinbaren Ruhe eines Samens oder eines Pflanzenstockes sich im Innern vollziehen und die für die spätern augenfälligen Wachstumserscheinungen eine große Bedeutung haben, der Beobachtung und Berechnung vollständig entzogen sind. Wenn man die Knollen der Kartoffel im Herbste aus der Erde nimmt und in den Keller bringt, so hat es den Anschein, als ob in den einzelnen Zellen derselben alle Bewegungen, alle Umlagerungen und chemischen Umsetzungen ganz unterbrochen wären. Die Kartoffelknolle liegt ruhig in dem dunkeln unterirdischen Raume, in welchem den ganzen Winter hindurch eine konstante Temperatur von 10° herrscht. Es kommt der Frühling. Oberirdisch keimt und sproßt es aus der besonnten Erde frisch empor, und wir bringen diese Erscheinung mit der stärkern Erwärmung durch die Strahlen der höher stehenden Sonne in Zusammenhang. In den Kellerraum fällt kein wärmender Sonnenstrahl, die Temperatur der Luft, der Erde und der monatelang hier gelegenen Kartoffelknollen ist immer gleichmäßig 10°, ja vielleicht jetzt um einige Zehntel tiefer, da sich erfahrungsgemäß die niederste Temperatur in den Kellern erst am Schlusse des Winters einstellt. Und dennoch beginnt jetzt da unten die Kartoffel auszuwachsen und schlanke Stengel aus den Knospen der Knolle hervorzutreiben, als ob sie es wüßte, daß der Frühling, die geeignete Zeit zum Sprossen und Wachsen, gekommen ist. Warum beginnt das Wachstum erst jetzt im März, warum hat es nicht schon im Dezember begonnen, da doch die äußern Einflüsse, insbesondere die Temperatur der Umgebung, dazumal nicht anders waren, als sie es jetzt im Frühlinge im Bereiche des Kellerraumes sind? Auf diese Frage gibt es nur eine Antwort, und diese lautet: die Kartoffelknolle war im Dezember zum Auswachsen noch nicht ausgerüstet, sie war nur scheinbar in absoluter Ruhe, in Wirklichkeit vollzogen sich in ihren Zellen fort und fort chemische Umsetzungen und Umlagerungen, Zubereitungen und Herstellungen der Baustoffe, und diese waren im Dezember, Januar und Februar noch nicht so weit gediehen, daß es möglich gewesen wäre, Stengel, Blätter und Wurzeln aufzubauen. Erst jetzt im März sind die Vorbereitungen zum Auswachsen abgeschlossen, und erst jetzt kann jene Umgestaltung der Baustoffe, welche auch äußerlich als Wachstum erscheint, stattfinden. Die organischen Verbindungen, wie sie die Zellen der Knolle im Herbste enthielten, würden auch unter dem Einflusse einer Temperatur von 20° noch nicht zur Bildung von Stengeln, Blättern und Wurzeln getaugt haben. Alle diese Vorgänge bedürfen eben auch eines bestimmten Zeitraumes, und dieser läßt sich durch Erhöhung der Temperatur weder ersetzen, noch merklich abkürzen.

In der unterirdischen Zwiebel des Schneeglöckchens (Galanthus nivalis) bilden sich im Laufe des Sommers bereits die Anlagen für Blätter und Blüten des nächsten Frühlinges, und Ende September sind bereits alle Teile der künftigen Blüte zwischen den umhüllenden Zwiebelschuppen und Scheiden zu erkennen. Man sollte meinen, es wäre ein Leichtes, diese Zwiebel durch Erhöhung der Temperatur und durch Feuchthalten des umgebenden Erdreiches zum Treiben zu bringen, so daß man schon im November blühende Schneeglöckchen

[illegible] können. Vielfältige Versuche haben aber gezeigt, daß die in behandelten Zwiebeln zwar Blätter entwickeln und einen Blütenschaft vorschieben, daß aber die Blüten nicht ordentlich entwickeln und immer frühzeitig zu Grunde gehen, während doch vier Monate später bei Temperaturen, welche nicht viel über dem Nullpunkte liegen, das Wachstum der Blätter und Blüten ganz gut und rasch von statten geht. Und so wie mit den Knollen und Zwiebeln, für welche die Knolle und das Schneeglöckchen als allbekannte Beispiele gewählt wurden, verhält es sich auch mit vielen Wurzelstöcken, mit den meisten Knospen überirdischer Zweige, mit manchen sogenannten Sklerotien und mit zahlreichen Samen und Sporen. Wie viele Pflanzen gibt es, die schon zeitig im Frühlinge blühen, im Vorsommer ihre Früchte reifen, und deren von dem mütterlichen Pflanzenstocke sich ablösende Samen schon im Hochsommer auf den Boden zu liegen kommen. Obschon das Erdreich, in welches sie eingebettet sind, feucht und genügend durchwärmt ist, und obschon alle äußern Bedingungen des Keimens erfüllt sind, keimen sie doch nicht mehr in jenem Jahre, in welchem sie ausgestreut wurden. Erst im folgenden Frühlinge sprengen die Keimlinge die Samenhülle und treiben ihre Würzelchen hervor und zwar häufig unter Verhältnissen, welche scheinbar weit ungünstiger sind, als es jene des verflossenen Sommers und Herbstes waren. Solche Samen sind eben zur Zeit ihres Abfallens von der Mutterpflanze noch nicht reif oder, vielleicht besser gesagt, noch nicht keimfähig. Es müssen die in ihren Zellen enthaltenen Stoffe früher noch einen Umwandlungsprozeß durchmachen, ehe sie bei dem Auswachsen des Keimlinges eine Verwendung finden können, und dieser Umwandlungsprozeß läßt sich durch vermehrte Zufuhr von Wärme und Feuchtigkeit keineswegs beschleunigen. An manchen größern Samen, wie z. B. jenen der Hasel, Buche und des Mandelbaumes, ist diese Verschiedenheit zwischen den eben vom Baume gefallenen noch nicht keimfähigen und den abgelegenen keimfähigen Samen schon an der Konsistenz, am Geschmacke und Geruche leicht wahrzunehmen. In besonders auffallender Weise tritt die hier besprochene Erscheinung auch an den Früchten der Wassernuß (Trapa natans) hervor. Bringt man Wassernüsse, welche sich von der Mutterpflanze abgelöst haben, im Herbste in ein mit Wasser gefülltes Gefäß und erhält die Temperatur des Wassers den ganzen Winter hindurch auf 15°, so wachsen die Würzelchen der Keimlinge doch erst im kommenden Frühlinge hervor und zwar nicht erst bei einer erhöhten Temperatur, sondern bei derselben Temperatur, welcher die Wassernüsse sechs Monate lang ununterbrochen ausgesetzt waren. Auch wenn man die Temperatur des Wassers auf 20° erhöht, wird dadurch das Hervorwachsen der Würzelchen nicht beschleunigt, und es kann somit die erhöhte Wärme erst dann als Anregungsmittel zum Wachstume wirksam werden, nachdem die Samen im Laufe der sechs Monate entsprechend zubereitet wurden. Die Gärtner sagen, solche Samen müssen „abliegen" und „nachreifen", und haben mit dem letztern Ausdrucke wohl das Richtige getroffen. Auch von den Sporen müssen viele längere Zeit abliegen und nachreifen. Manche keimen allerdings sofort, nachdem sie sich von der Mutterpflanze abgelöst haben; die sogenannten Dauersporen aber machen stets eine Ruheperiode durch, deren Dauer gewöhnlich mit großer Genauigkeit eingehalten wird und durch veränderte äußere Einflüsse wenig gekürzt werden kann. Sehr beachtenswert ist auch die Thatsache, daß in den Meeren tropischer Gegenden, deren Wasser jahraus jahrein die gleiche chemische Zusammensetzung, die gleiche Temperatur und Beleuchtung zeigt, gewisse Arten der Florideen im März, andre im Juni und wieder andre im Oktober zur Entwickelung kommen. Es fehlt in diesen Fällen jeder Anhaltspunkt zur Erklärung; nur das eine kann mit Sicherheit angegeben werden, daß an dieser merkwürdigen Periodizität die Zunahme oder Abnahme der Wärme nicht beteiligt ist.

Es wäre übrigens zu weit gegangen, wenn man von allen Arten behaupten wollte, daß die von ihnen in herkömmlicher Weise eingehaltene Ruheperiode durch äußere Einflüsse,

namentlich durch Erhöhung der Temperatur, nicht beschleunigt werden könne. Manche Samen, wie jene der Kresse, des Senfes, der Gerste und zahlreicher sogenannter Unkräuter, welche sich auf bebautem Lande als unwillkommene Gäste einfinden, haben keine Ruheperiode, keimen zu jeder Jahreszeit, wenn ihnen die nötige Feuchtigkeit zugeführt wird, und es tritt ihre Entwickelung desto rascher ein, je wärmer das Erdreich ist, das ihnen zum Keimbeete dient. Es ist ja auch genügend bekannt, daß es Pflanzen gibt, welche, um mit den Gärtnern zu sprechen, „getrieben" werden können. Tulpen, Maiglöckchen und Flieder, deren Ruheperiode im mittlern Europa von der Reifezeit der Samen im Sommer bis zum Frühlinge des nächsten Jahres dauert, können schon im Spätherbste, bald nachdem sie ihre Samen ausgereift und eingezogen haben, getrieben werden, wenn man sie im Gewächshause in warme, feuchte Erde pflanzt. Sie entwickeln dann schon im Januar ihre Blüten, und in diesen Pflanzen sind daher die im vorhergegangenen Sommer erzeugten Stoffe schon im Herbste als Baumaterial beim Wachstume verwendbar. Ich habe einmal eine im freien Lande wurzelnde Waldrebe (Clematis Vitalba), nachdem sie im Herbste ihr Laub verloren hatte, 3 m hoch über dem Boden durch einen engen Spalt in das Innere eines benachbarten Warmhauses gezogen. Aus den Knospen des von der warmen Luft im Warmhause umgebenen obern Rebenstückes entwickelten sich schon im Dezember beblätterte Triebe, während der außerhalb des Warmhauses befindliche, von kalter Luft umgebene untere Teil derselben Rebe noch gefroren war. Auch in dieser Pflanze waren daher die im Sommer erzeugten Stoffe, alsbald nachdem sie in den Reservestoffbehältern deponiert wurden, schon als Baustoffe brauchbar.

Dasselbe muß wohl auch bei jenen Pflanzen der Fall sein, welche normal im Frühlinge blühen, in manchen durch besonders milden Herbst ausgezeichneten Jahren aber die für den nächsten Frühling angelegten und vorbereiteten Knospen schon im Oktober sprengen, frisch belaubte Stengel hervortreiben und in einem und demselben Jahre zweimal zum Blühen gelangen, wie beispielsweise manche Apfelbäume und Roßkastanien, Veilchen und Erdbeeren, mehrere Primeln, Gentianen und Anemonen.

Wenn mit Rücksicht auf die zahlreichen oben vorgebrachten Bedenken bezweifelt werden muß, ob die bisher berechneten Konstanten als der richtige Ausdruck für die von den Pflanzenarten in ihren verschiedenen Entwickelungsstufen zum Wachstume verbrauchte Wärme aufgefaßt werden dürfen, so ist doch anderseits der Wert derselben auch nicht zu unterschätzen. Vergleiche der an verschiedenen Orten nach derselben Methode, mit denselben Instrumenten und an denselben Arten gewonnenen Resultate werden ohne Zweifel noch zu manchem interessanten Ergebnisse führen. Die Feststellung des Beginnes der verschiedenen Entwickelungsphänomene, die Feststellung der Laub- und Blütenentfaltung, der Fruchtreife und des herbstlichen Blattfalles für möglichst viele Beobachtungsstationen ist nicht nur an und für sich ein höchst anziehendes Problem, sondern auch von hohem wissenschaftlichen Werte und zwar sowohl für die Erforschung des Pflanzenlebens überhaupt als auch ganz besonders für die Pflanzengeographie, indem die Grenzlinien, welche der Verbreitung der Gewächse gezogen sind, zum guten Teile daraus zu erklären sind, daß die betreffenden Arten ihren jährlichen Entwickelungskreis jenseit der Grenze nicht mehr abzuschließen im stande sind, und endlich auch für die Klimatologie, indem der jährliche Entwickelungsgang der Pflanzen in vielen Fällen das Klima einer Gegend viel anschaulicher zum Ausdrucke bringt als der Gang der an dem betreffenden Orte aufgestellten Instrumente. Die sogenannten phänologischen Beobachtungen, das heißt die Feststellung des Erwachens der Natur am Schlusse des Winters oder nach Ablauf der Sommerdürre, die Ermittelung der Zeit, in welcher das Wachsen und Blühen seinen Höhepunkt erreicht, und die Fixierung der Periode, in welcher die Organismen wegen Ungunst der äußern Verhältnisse in einen Winterschlaf oder Sommerschlaf verfallen, sind daher auch dann von Interesse, wenn es nicht gelingt,

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	—	—	[illegible]	[illegible]

[illegible] wurden in drei Reihen geordnet, eine westliche zwischen dem 20. und 30. Meridiane, eine mittlere zwischen dem 30. und 40. Meridiane und eine östliche zwischen dem 40. und 62. Meridiane. Überblickt man nun die Verspätung gegen [illegible] mit zunehmender [illegible], so stellt sich das interessante Resultat heraus, daß diese Verspätung in der östlichen kontinentalen Reihe um zwei bis drei Wochen größer ist als in der westlichen Reihe. Zu einer Zeit, wann in Paris schon zahlreiche Frühlingspflanzen in voller Blüte stehen, ist die Pflanzenwelt auf den unter gleicher Breite liegenden russischen Steppen (Sarepta) noch tief im Winterschlafe, und erst 23 Tage später rückt hier die Vegetation in das gleiche Stadium ein.

Aus einer zweiten hier eingeschalteten kleinen Tabelle ergeben sich auch sehr merkwürdige Resultate in Betreff des Aufblühens derselben Pflanzenarten im westlichen Europa und östlichen Nordamerika.

Die Frühlingspflanzen blühen zu gleicher Zeit auf an den Stationen

Nordamerikas	geogr. Breite	Europas	geogr. Breite	Breiten-Unterschied
New Albany	38° 17′	Dijon	47° 19′	9° 20′
Eylesville	39° 23′	Kremsmünster . .	48° 30′	9° 07′
Belle Centre	40° 28′	Heidelberg	49° 28′	9° 00′
New York	40° 42′	Marburg (Hessen) .	50° 47′	10° 05′
Germantown	42° 30′	Antwerpen	51° 13′	8° 33′
Baldwinsville	43° 40′	Utrecht	52° 08′	8° 30′

Es sind hier jene amerikanischen und europäischen Orte nebeneinander gestellt, an welchen das Aufblühen derselben Pflanzenarten gleichzeitig erfolgt, und da ergibt der Vergleich, daß die geographische Lage dieser Orte um 8—10 Breitengrade abweicht, so daß z. B. in New York (welches mit Neapel unter gleicher Breite liegt) die Pflanzen zu derselben Zeit aufblühen wie in dem um 10 Breitengrade nördlicher gelegenen Marburg.

3. Aufbau der Pflanze.

Inhalt: Hypothesen über die Form und Größe der zum Aufbaue der Pflanzen verwendeten kleinsten Raumgebilde. — Sichtbare Bauthätigkeit im Protoplasma.

Hypothesen über die Form und Größe der zum Aufbaue der Pflanzen verwendeten kleinsten Raumgebilde.

Wenn irgendwo im Bereiche einer aufblühenden Stadt Bauwerke in großer Zahl und rascher Folge aus den kunstfertigen Händen der Menschen hervorgehen, so heißt es, die Häuser seien mit staunenswerter Schnelligkeit aus dem Boden emporgewachsen, und umgekehrt wird von den Botanikern mit Vorliebe das Wachstum der Pflanzen mit dem Entstehen menschlicher Behausungen verglichen. Auch in diesem Buche wurde der zuletzt genannte Vergleich gelegentlich schon gemacht, und obschon die Gefahr der Wiederholung naheliegt, kann ich doch nicht umhin, an dieser Stelle, wo der Aufbau der Pflanzen besprochen werden soll, nochmals an denselben anzuknüpfen.

Wie bei der Errichtung menschlicher Behausungen, handelt es sich bei der Herstellung pflanzlicher Gebäude um eine Heimstätte für lebendige Wesen, um Sicherung dieser Heimstätte gegen die Unbilden der Witterung und andre Fährlichkeiten, welche die Existenz der Inwohner vernichten könnten, zugleich aber auch um die Möglichkeit, daß die Lebewesen in der gegründeten Ansiedelung Nahrung von außen aufnehmen, atmen, die Nährstoffe verarbeiten und sich weiterbilden können. Wo sehr zahlreiche Protoplasten in geselligem Verbande in einem Pflanzenstocke hausen, und wo dem entsprechend eine Teilung der Arbeit stattgefunden hat, gliedert sich der ganze Bau naturgemäß in Räume, wo an Luft und Licht kein Mangel ist, in Vorrichtungen zur Ventilation, in Gas- und Wasserleitungen und in Kammern zur Aufspeicherung von Nahrung, endlich handelt es sich um verschiedene Verbindungen im Innern und Schutzwehren nach außen, um die Sicherung der Festigkeit im Bereiche des ganzen Baues, um ein widerstandsfähiges Grundgerüst und um die nötigen Stützen für die einzelnen Teile. Jeder Teil nimmt die seiner Aufgabe entsprechende Lage ein, die lichtbedürftigen Teile sind den Sonnenstrahlen ausgesetzt, die Gas- und Wasserleitungen beginnen und endigen, wie es für die gegebenen Verhältnisse am vorteilhaftesten ist, und die Pfeiler und Tragbalken erscheinen dort angebracht, wo etwas zu stützen, zu tragen und vor dem Zusammenbrechen zu sichern ist.

Solche Gebilde machen so wie die aus Menschenhand hervorgegangenen Gebäude den Eindruck der Zweckmäßigkeit, ja sie übertreffen diese häufig in anbetracht der zweckmäßigen Einteilung. Leider kann man ja den Bauten der Menschen nicht immer nachrühmen, daß sie mit Rücksicht auf die gegebenen äußern Verhältnisse vollkommen zweckentsprechend ausgeführt wurden, während kein Pflanzenstock lebt und sich erhält, der nicht den gegebenen Lebensbedingungen in der vorteilhaftesten Weise angepaßt wäre. Das Merkwürdigste dabei ist, daß die Anpassung bei den Pflanzen nicht unmittelbar durch die äußern Einflüsse veranlaßt ist, daß vielmehr die einzelnen Teile schon in ihrer ersten Anlage und ihrem allerersten Entwickelungsstadium, also zu einer Zeit, in welcher von einem maßgebenden Einflusse der außerhalb der Pflanze thätigen Kräfte auf die Gestalt noch keine Rede sein kann, die geeignetste Form und Stellung erhalten. Eine solche Anpassung setzt aber ein Gestaltungsgesetz oder, mit andern Worten, einen Bauplan voraus, einen Plan über die der künftigen Arbeitsteilung am besten entsprechende Raumeinteilung, einen Plan über die

solches Niederbeugen erfolgt aber auch unter der Last des Winterschnees; ja, die sich häufenden Schneemassen drücken dermaßen auf die bogenförmig aufsteigenden elastischen Äste, daß selbst die letzten mit Nadeln besetzten Verzweigungen platt auf die Erde zu liegen kommen. Wenn sich dann über die gewöhnliche Schneelage allenfalls auch noch der Schnee von Grundlawinen ausbreitet, so verstärkt sich der Druck so gewaltig, daß die benadelten Zweige dem Boden angepreßt werden. Das kann so weit gehen, daß selbst manche Zweigspitzen, welche im Sommer 1 m hoch über dem Boden standen, im Winter anläßlich des Schneedruckes dem Erdboden unmittelbar aufliegen. Schmilzt dann im kommenden Frühlinge der Schnee ab, und werden die Äste und Zweige allmählich entlastet, so heben sich diese zufolge ihrer außerordentlichen Elastizität empor und nehmen wieder jene Lage an, welche sie im verflossenen Sommer besaßen. Es erinnert dieser Vorgang, welcher sich hier von selbst vollzieht, lebhaft an die Manipulationen der Gärtner, welche die Rosenbäumchen im Herbste auf die Erde niederbeugen, mit einem schlechten Wärmeleiter bedecken, in dieser Lage den ganzen Winter über erhalten und erst im nächsten Frühlinge wieder emporheben und an aufrechten Pfählen anbinden. Häufig sieht man im Sommer an den mehr als 1 m hoch über dem Erdboden schwebenden Enden der Legföhrenzweige die alten Nadeln mit Erde und kleinen Steinchen verklebt, und wer von den oben geschilderten Vorgängen keine Kenntnis hat, begreift nicht recht, wie diese kleinen Steinchen an die Zweigenden gekommen sind. Thatsächlich bildet die vom Schmelzwasser durchfeuchtete Erde, welcher die Zweige über Winter aufliegen, das Klebemittel, und dasselbe ist so wirksam, daß selbst Steinchen von mehr als 1 cm Durchmesser den alten Nadelbüscheln anhaften. — Ähnlich wie die Legföhren verhalten sich auch noch mehrere andre alpine Sträucher, wie z. B. der Zwergwachholder (Juniperus nana) und die Alpenerle (Alnus viridis). Auch die Alpenrosengebüsche werden, wenn auch nicht so stark, durch den Schnee gegen den Boden gedrückt und sind dort gegen große Kälte und insbesondere gegen starke Ausstrahlung gesichert.

In der Waldregion erscheint als ein treffliches Schutzmittel häufig auch das dürre Laub, welches von den Bäumen fällt und sich in bald größerer, bald geringerer Mächtigkeit über den Boden und die niedern Gewächse ausbreitet. Am mächtigsten ist diese Laubschicht in den mitteleuropäischen Buchenwäldern, und die von ihr eingehüllten Stöcke des Waldmeisters, des Lungenkrautes, des Leberblümchens, der Haselwurz, des Sanikel und der Waldsteinie (Asperula odorata, Pulmonaria officinalis, Hepatica triloba, Asarum Europaeum, Sanicula Europaea und Waldsteinia geoides) erhalten sich unter ihr selbst in sehr strengen Wintern, ohne zu erfrieren, mit grünen Blättern bis in den nächsten Frühling.

Wieder andre Pflanzenarten erscheinen dadurch gegen große Kältegrade geschützt, daß sie sich über Winter sozusagen unter die Erde zurückziehen. Eine ganze Menge Zwiebel- und Knollengewächse erzeugen mit ihren oberirdischen grünen Blättern in den warmen Sonnenstrahlen des Sommers organische Verbindungen, leiten diese aber sofort in die Tiefe zu den unterirdischen Teilen des Stockes. Dort werden aus den zugeführten Stoffen dicke Stengel und Knollen, fleischige, schuppenförmige Blätter und auch die Anlagen für neue Laubblätter und Blüten erzeugt, welch letztere aber in demselben Jahre nicht mehr oberirdisch hervorkommen. Den Winter über bleiben diese Gebilde in der Erde begraben und sind dort so wie die Wurzeln gegen zu weit gehende Erkaltung geschützt. Erst nach Ablauf des Winters wachsen dann die schon im verflossenen Jahre angelegten Blütenstengel und Laubblätter empor, um zu blühen, zu fruchten und im Sonnenlichte neuerdings organische Stoffe für unterirdische Zwiebeln, Knollen und Wurzelstöcke zu bilden. Es ist interessant, zu sehen, daß Zwiebeln und Knollen desto tiefer in der Erde stecken, je mehr der Standort der Ausstrahlung und Erkaltung ausgesetzt ist, je mehr die Gefahr droht, daß im Winter nur eine seichte

Schneelage den Boden bedeckt, und je größer die Wahrscheinlichkeit ist, daß selbst diese von Stürmen weggefegt wird. Während beispielsweise die Zwiebeln und Knollen des Gelbsternes und der Hohlwurz (Gagea lutea und Corydalis cava), wenn sie im schwarzen Humus der Buchenwälder unter dürrem Laube wachsen, nur wenige Zentimeter tief unter der Oberfläche liegen, sind sie auf offenen Wiesen erst in drei- bis vierfach größerer Tiefe zu erreichen. Die Lage der Knollen vieler Orchideen sowie der Knollenzwiebeln der Zeitlose (Colchicum autumnale) kann geradezu als ein Anhaltspunkt gelten, um zu bestimmen, wie tief in einer



Ablösung der zur Überwinterung unter Wasser bestimmten Sprosse des krausblätterigen Laichkrautes (Potamogeton crispus).

bestimmten Gegend der Boden einfriert; denn regelmäßig erscheinen diese in Tiefen eingebettet, zu welchen der Frost des Winters nicht mehr vordringt.

Auch an Wasserpflanzen wird Ähnliches beobachtet. Jn den stehenden Gewässern der Tümpel und Teiche findet thatsächlich ein Zurückziehen der Pflanzen vor der andringenden Kälte des Winters, eine förmliche Flucht in die Tiefe statt. Die Stöcke der Wasserschere (Stratiotes aloides) sinken vor Beginn des Winters auf den Grund des Gewässers hinab, wo es kaum jemals zum Frieren kommt, überwintern dort und kommen erst wieder im nächsten Frühlinge an die Oberfläche. Das krausblätterige Laichkraut (Potamogeton crispus), von welchem obenstehend eine Abbildung eingeschaltet ist, entwickelt im Spätherbste nahe dem Wasserspiegel Sprosse, welche mit kurzen Blättern besetzt sind, und bevor noch die oberste Schicht des Wassers zu Eis wird, lösen sich diese Sprosse von dem alten Stengel ab, sinken in die Tiefe und bohren sich dort mit dem spitzen untern Ende in den Schlamm ein. Da unten kommt es wohl niemals zur Eisbildung, und die Sprosse sind in ihrem Winterquartiere gegen die Nachteile der großen Kälte trefflich geschützt.

Für Bäume und Sträucher, deren Stämme nicht wie jene der Legföhren über den Boden hingestreckt sind, sondern Säulen gleich von der Erde emporwachsen, und deren Kronen selbst über mächtige Schneeablagerungen noch weit hinausragen, kommt die Bedeckung des Bodens mit Schnee ebensowenig wie die Einhüllung mit Erde und Laub in Betracht. Bei einem großen Teile derselben löst sich das Laub, welches unter dem Einflusse der winterlichen Kälte Schaden leiden würde, in der schon früher geschilderten Weise (vgl. S. 329) von den Zweigen ab, nachdem früher alles, was in diesem Laube von brauchbaren Stoffen noch vorhanden war, in die Stammbildungen abgeleitet wurde. Die entblätterten Zweige sowie die Knospen für das nächste Jahr bleiben nun freilich oberirdisch zurück, sind dort der Winterkälte ausgesetzt und sollen befähigt sein, diese ohne Nachteil zu ertragen. Im Vergleiche zu dem abgeworfenen Laube sind die Zweige mit einer viel derbern Hautschicht bedeckt, und es macht den Eindruck, als ob eine solche Hautschicht die von ihr überkleideten Teile gegen Kälte auch besser zu schützen vermöchte, als es die Oberhaut der Laubblätter im stande gewesen wäre. Für eine sehr kurze Kälteperiode mag das auch der Fall sein, für längere Zeit ist aber selbst die dickste Haut nicht im stande, die Erkaltung der überkleideten Teile hintanzuhalten, sowenig wie die Borke an ältern Ästen und Stämmen. In lange andauernden Wintern mit ununterbrochener strenger Kälte nimmt auch das Innere der Zweige und Stämme die Temperatur der Umgebung an, und es hängt lediglich von der Widerstandsfähigkeit des Protoplasmas ab, ob die eintretende Erkaltung tödlich wirkt oder nicht. Aus verschiedenen Erscheinungen mag man den Schluß ziehen, daß *diese Widerstandsfähigkeit desto größer ist, je mehr das Protoplasma in den Zellen der Zweige und Stämme Gelegenheit fand, sich im abgelaufenen Sommer und Herbste entsprechend vorzubereiten.* War der Sommer warm und der Herbst mild, war der Eintritt der ersten Fröste sehr hinausgeschoben, und fand die Pflanze Zeit, sich für den Winter langsam einzupuppen, so erfrieren die Zweige nicht; war der Sommer kalt und naß, traten schon zeitig im Herbste Fröste ein, konnte das Betriebswasser nicht rechtzeitig entfernt werden, ist das Holz, wie die Gärtner sagen, noch nicht ausgereift, so kann ein halbwegs strenger Winter den Tod der holzigen Zweige im Gefolge haben, derselben Zweige, von welchen vielleicht in frühern Jahren viel strengere Winter ohne Nachteil überstanden wurden.

Immer wieder kommt man demnach darauf zurück, daß das Erfrieren oder Nichterfrieren einer Pflanze davon abhängt, ob der Zustand des Protoplasmas ein solcher ist, daß infolge der eintretenden Abkühlung sein molekularer Aufbau dauernd zerstört wird oder nicht, und daß eigentlich der wirksamste Schutz in der Konstitution des Protoplamas selbst gesucht werden muß. Da wir die Konstitution nicht kennen, so ist es müßig, sich darüber in Mutmaßungen zu verlieren. Gewiß ist nur das eine, daß die Widerstandsfähigkeit des Protoplasmas eine sehr verschiedene ist und zwar sowohl in den verschiedenen Pflanzenarten als auch zu verschiedenen Zeiten in einer und derselben Pflanzenart.

Analog den Ergebnissen, zu welchen die Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen geführt haben, sind jene, welche durch die Studien über das *Versengen der Pflanzen* gewonnen wurden.

Wenn ein Pflanzenteil infolge von Erhöhung der Temperatur die Fähigkeit, Nahrung aufzunehmen, zu atmen und sich weiterzubilden, einbüßt, so sagen wir, er sei versengt worden. Die äußerlich an versengten Pflanzen wahrzunehmenden Erscheinungen sind jenen ganz ähnlich, welche an den durch Erfrieren getöteten beobachtet werden. Das grüne Gewebe ist verfärbt, zeigt ein dunkleres Kolorit, ist mehr durchscheinend, welkt und vertrocknet, und weder die Zufuhr von Wasser noch die Herabminderung der Temperatur können den frühern Zustand wiederherstellen. Im Innern der Zellen sieht man das Protoplasma geballt, von der Zellhaut abgehoben und Wasser ausgeschieden, das bisher im

molekularen Verbande des Protoplasmas gestanden hatte. Sehr deutlich vermag man diese Veränderungen an Wasserpflanzen zu verfolgen, deren Zellwände so durchsichtig sind, daß sie den Einblick in das Innere der Zellkammern gestatten. Wenn man die auf S. 24, Fig. 3, abgebildeten Zellen der Wasserpflanze Elodea bei einer Temperatur des umgebenden Wassers von 30° unter dem Mikroskope betrachtet, so sieht man das Protoplasma in jener lebhaften Strömung, welche auf S. 32 geschildert wurde. Wird die Temperatur auf 40° erhöht, so wird diese Strömung langsamer, und bei 41° hört sie ganz auf, ohne daß aber das Protoplasma sonst eine besondere Veränderung zeigen würde. Auch wenn die Temperatur auf 45° und allmählich bis 50° steigt, ändert sich nichts an dem Bilde; erst bei 52° tritt dann eine sehr auffallende Veränderung ein. Die im Protoplasma eingebetteten Stärkekörner zerklüften; das Protoplasma zieht sich zusammen und bildet krümelige, klumpige Massen, die sich um die zerklüfteten Stärkekörnchen ballen; dasselbe ist jetzt starr, die eiweißartigen Stoffe in demselben sind geronnen oder koaguliert. Sinkt nachträglich die Temperatur wieder auf 30° herab, so wird das Protoplasma doch nicht mehr beweglich und lebendig, und wir müssen daher annehmen, daß sein molekularer Aufbau bei 52° eine nicht mehr zu reparierende Veränderung erlitten hat, daß es getötet worden ist.

In der Hauptsache beruht demnach das Versengen auf dem Gerinnen der eiweißartigen Verbindungen, auf der Destruierung der Stärkekörnchen, auf der Zerstörung des Protaplasmas. Würde das Gerinnen der eiweißartigen Verbindungen und die Veränderung der Stärkekörnchen stets bei einer und derselben Temperatur erfolgen, so würden wahrscheinlich auch alle Pflanzen bei derselben Temperatur versengt werden. Das ist aber nicht der Fall. Nicht nur, daß die verschiedenen Eiweißstoffe bei verschiedenen Temperaturen (60—80°) gerinnen, so wird auch die Gerinnbarkeit desselben Eiweißstoffes wesentlich beeinflußt durch den Wassergehalt und durch die Gegenwart von Salzen und Säuren. Bei Gegenwart von viel Salzen kann z. B. das Gerinnen schon bei 50° erfolgen. Auch die Zerstörung der Stärkekörner erfolgt nicht immer bei derselben Temperatur. In Wasser quellen größere Stärkekörner bei 55° auf, kleinere erst bei 65°, und damit trockne Stärkekörner destruiert werden, sind noch höhere Temperaturen notwendig. Unter solchen Verhältnissen darf es nicht wundernehmen, daß Pflanzenarten, deren Protoplasma eine verschiedene Konstitution zeigt, bei sehr verschiedenen Temperaturen versengt werden. Die Vorgänge, welche an der oben erwähnten Elodea bei 30, 41 und 52° beobachtet wurden, sieht man an andern Wasserpflanzen bei andern Temperaturen eintreten. In den Zellen der Vallisnerie (Vallisneria spiralis), welche die Abbildung auf S. 24, Fig. 2, darstellt, hört die Strömung des Protoplasmas erst über 43° auf, und die Ballung des Protoplamas infolge des Gerinnens der Eiweißstoffe erfolgt erst bei 53—54°. Bei der in Madagaskar heimischen Wasserpflanze Aponogeton fenestralis findet das Gerinnen und die Tötung des Protoplasmas erst bei 55° statt. Manche Algen vertragen selbst noch höhere Temperaturen. In den Rinnen, durch welche das warme Wasser des Karlsbader Sprudels abfließt, gedeihen bei einer Temperatur von 55 bis 56° noch dunkle Oscillarien; in den Quellen von Abano, welche eine Temperatur von nahezu 60° besitzen, findet sich noch Sphaerotilus thermalis, und auch in der Solfatara bei Neapel sind die Seitenwände der Felsenspalten, aus welchen der Dampf mit einer Temperatur von 55 bis 60° herausqualmt, noch mit grünen Anflügen von Algen überzogen.

Bei den Pflanzen, welche nicht untergetaucht im Wasser leben, hat neben der spezifischen Konstitution des Protoplasmas auch der Wassergehalt auf das Versengtwerden einen wesentlichen Einfluß. Wenn die von Luft umspülten Gewebe wasserarm sind, vertragen sie weit höhere Temperaturen, als wenn sie von Wasser strotzen. Für wasserreiche Zellen der Stein- und Erdpflanzen dürfte in den meisten Fällen 55° die höchste

[illegible] es auch gewagt, sich über die Größe der Moleküle in Vermutungen zu ergehen. Es [illegible] zwar die [illegible], Moleküle, namentlich jene der zusammengesetzten Körper, deren [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] zusammengesetzt [illegible] [illegible] [illegible], mit den [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], nicht [illegible] ausgeschlossen werden, zumal in Berücksichtigung des [illegible], daß [illegible] [illegible] noch mancher [illegible] [illegible] [illegible]: die [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] genug, und wie die Sachen jetzt liegen, müssen alle [illegible] Erörterungen einem Gebiete [illegible], in welchem [illegible] [illegible] [illegible] die Grundlage für eine [illegible] und mehr [illegible] [illegible] [illegible] hat.

Sichtbare Bauthätigkeit im Protoplasma.

Wenn es auch zufolge der vorhergehenden Erörterungen nicht wahrscheinlich ist, daß es jemals gelingen wird, die Micellen, aus welchen die organisierten lebendigen Teile der Pflanzen aufgebaut sind, zu sehen, und wenn die Bestrebungen, ein Bild von diesen für unsre Sinne noch nicht wahrnehmbaren winzigen Bausteinen zu entwerfen, nur auf Vermutungen und Hypothesen angewiesen sind, so können wir doch die [illegible] derselben: die bauende und gestaltende Thätigkeit der Protoplasten, mit unsern Augen verfolgen.

Am leichtesten ist diese gestaltende Thätigkeit an den verhältnismäßig großen Protoplasmakörpern der Schleimpilze zu beobachten, insbesondere bei dem Aufbaue jener Entwickelungsstufe, welche man Äthalium genannt hat, und es sollen daher zunächst einige der auffallendsten dieser Vorgänge in gedrängtester Kürze geschildert werden.

Eine mit Vorliebe auf der Rinde abgefallener dürrer Kiefernzweige vorkommende Art, nämlich Leocarpus fragilis, bildet ausgewachsen eine schmierige gelbe Masse, welche dem zerflossenen Dotter eines Hühnereies täuschend ähnlich sieht. Diese Masse überzieht die abgestorbenen, auf dem Boden liegenden Zweige der genannten Nadelhölzer als eine dünne Schicht, an welcher besondere Hervorragungen nicht zu erkennen sind. Noch am späten Abend kann man den Leocarpus in der angegebenen Gestalt als sogenanntes Plasmodium sehen. Im Laufe der Nacht erheben sich aber an bestimmten Stellen Buckel und Warzen, und die ganze Masse sieht dann wie grob gekörnt aus, gegen Morgen sind aus diesen Erhabenheiten verkehrt-eiförmige, an dünnen Stielen aufsitzende birnenförmige Körper geworden, die nun nicht mehr schmierig sind, sondern eine dünne trockne Haut zeigen und im Innern in zahlreiche haarförmige Fäden und dazwischenliegende staubartige schwarze Sporen sich umgewandelt haben. Zu dem Aufbaue derselben braucht der Leocarpus ungefähr zwölf Stunden, und hat man die Geduld, die ganze Nacht hindurch die sich formende Masse zu beobachten, so kann man thatsächlich sehen, wie sie sich von der Unterlage erhebt, abrundet, eine Haut bekommt und die birnenförmige Gestalt annimmt. Ähnlich wie Leocarpus entwickelt auch Dictydium umbilicatum seine Äthalien. Die lichtbraune zerflossene, unregelmäßige Protoplasmamasse erhebt sich zu einem runden Strange, welcher an seinem obern Ende sich keulenförmig verdickt und dann in ein zierliches Netzwerk auflöst, das im Umrisse die Gestalt einer Kugel besitzt. Zwischen den Maschen dieses Netzwerkes sondert sich das Protoplasma in schwarze staubförmige Sporen, welche dem leichtesten Lufthauche zur Beute werden. Das schleimige Protoplasma der Stemonitis fusca dagegen erhebt sich in Gestalt zahlreicher dicht gedrängter, beiläufig $1^1/_2$ cm langer Stränge. Jeder einzelne Strang gliedert sich in einen untern stielartigen Teil und in einen obern dicken cylindrischen Körper. Dieser ist zunächst noch von schleimiger Konsistenz, wird aber alsbald trocken und sondert sich in eine mittlere Spindel, von welcher allseitig eine Unzahl feiner und feinster netzförmig miteinander verbundener Fäden ausgeht, dann in Tausende staubförmiger Sporen

und an der Peripherie in eine sehr zarte Haut, die später zerbricht und die Sporen ausfallen läßt. Diese ganze Gestaltung des Protoplasmas, mit der auch eine Farbenwandlung aus Weiß in Braunviolett verbunden ist, vollzieht sich unter den Augen des Beobachters im Verlaufe von ungefähr zehn Stunden. Von dem Protoplasma der Stemonitis fusca ist jenes des Chondrioderma difforme kaum zu unterscheiden. Und dennoch, wie ganz anders ist die Gestalt, welche dasselbe als Äthalium annimmt. Zunächst zieht es sich zu einem rundlichen Ballen zusammen, und in diesem sondert sich eine umhüllende Haut aus unzähligen einfachen feinen Fäden und eine große Menge dunkler Sporen, welche den von der Haut umschlossenen Raum ausfüllen. Bald darauf zerreißt die Haut an dem freien Scheitel des ballenförmigen Körpers in sternförmig abstehende Lappen, und die dunkeln Sporen können nun aus der geöffneten Blase ausstäuben.

Wesentlich anders gestaltet sich das Protoplasma von Didymium, wieder anders jenes von Clatroptychium ꝛc. Es müßten hier eigentlich die Gestalten aller Schleimpilze beschrieben werden, wenn es sich darum handeln würde, die Mannigfaltigkeit der Gestalt, welche das Protoplasma dieser Pflanzengruppe annimmt, zu erschöpfen. Zur Feststellung der Thatsache, daß sich in kurzer Zeit scheinbar ganz gleiches Protoplasma in einer für jede Spezies bestimmten Weise ausgestaltet, genügen wohl die obigen Beispiele. Es ist nur noch zu bemerken, daß die Gestalt, welche die spezifisch verschiedenen Protoplasmen annehmen, von den äußern Verhältnissen ganz unabhängig ist, und daß sich in derselben Nacht knapp nebeneinander bei gleicher Feuchtigkeit und gleicher Temperatur der Luft unter demselben Glassturze der birnenförmige Leocarpus und die cylindrischen Stränge der Stemonitis ausbilden.

Die Haut, welche die Äthalien der Schleimpilze von der Umgebung abgrenzt, enthält keinen Zellstoff eingelagert, und es besteht bei diesen Gewächsen in betreff der Substanz überhaupt kein Unterschied zwischen Haut und Zellenleib. Das Protoplasma der andern Pflanzen versieht sich dagegen immer früher oder später mit einer Haut, in welcher Zellstoff (Cellulose) nachweisbar ist. Allerdings hat dieser am Aufbaue der Zellhaut manchmal nur einen sehr geringen Anteil, und bei der Hefe sowie bei der Mehrzahl jener chlorophyllfreien Pflanzen, welche man unter den Namen Pilze zusammenfaßt, wird die Hauptmasse der Haut aus stickstoffhaltigen Verbindungen gebildet. Verschiedene Erscheinungen berechtigen zu dem Schlusse, daß durch die Ausbildung von Zellstoff in der Haut Vorteile erreicht werden, welche die aus fest gewordenen, eiweißartigen Verbindungen gebildete, brüchige Haut der Schleimpilze nicht gewährt. Das weiche Protoplasma wird durch die mit Zellstoff ausgestattete Haut gegen nachteilige äußere Einflüsse besser geschützt, und das ganze Gebilde erlangt jene Festigkeit und Tragfähigkeit, welche insbesondere für größere, aus zahlreichen Zellen zusammengesetzte Pflanzenstöcke unbedingt notwendig ist.

Man darf sich übrigens die Zellhaut nicht immer als starre Hülle, als eine den Protoplasten umschließende Kammer mit unverrückbaren Wänden denken. In vielen Fällen ist sie viel eher mit der Haut eines Tieres zu vergleichen, welche jede Gestaltänderung des Körpers mitmacht. In keinem Falle wird die Gestaltungsfähigkeit des Protoplasmas durch die umhüllende Zellhaut behindert. Manchmal nimmt die Zellhaut an den sichtbaren Gestaltungsvorgängen des von ihr umschlossenen Protoplasmas überhaupt keinen Anteil und geht gewöhnlich zu Grunde, wenn sich die Umgestaltungen in dem von ihr umhüllten und geschützten Raume vollzogen haben, in vielen andern Fällen verändert sich dagegen der Umriß und die Gestalt der Zellhaut entsprechend den Veränderungen des von ihr bekleideten Protoplasmas.

Diese Bemerkungen mußten vorausgeschickt werden, um die nachfolgend als Zerstückelung, Aussackung und Fächerung zu schildernden Gestaltungsvorgänge zum richtigen Verständnisse zu bringen.

Temperatur sein, welche sie noch annehmen können, ohne zu versengen. Die Dickblätter vermögen in der Sonne Temperaturen von 50 bis 53° längere Zeit ohne Nachteil zu überdauern. Die Sporen von Schimmelpilzen (Rhizopus nigricans und Penicillium glaucum) hat man bei 54—55° noch keimen und sich weiterentwickeln sehen. Im trocknen Zustande gehen jene Zellen und Gewebe, welche ohne Schaden austrocknen können, auch unter dem Einflusse weit höherer Temperaturen nicht zu Grunde. Die Krustenflechten, welche an den Kalkfelsen auf den schattenlosen Einöden des Karstes in Istrien und Dalmatien haften (Aspicilia calcarea, Verrucaria purpurascens und V. calciseda), sind an wolkenlosen Tagen im Sommer mehrere Stunden lang regelmäßig einer Temperatur von 58 bis 60° ausgesetzt, ohne dadurch Schaden zu leiden, und die Mannaflechte (Lecanora esculenta), von welcher untenstehend eine Abbildung eingeschaltet ist, wird so wie das Gestein, dem sie in der Wüste aufgelagert ist, oft genug auf 70° erhitzt, ohne zu verderben. Auch die Samen, welche oberflächlich dem Wüstensande eingelagert sind und hier die lange Zeit der Dürre



Mannaflechte (Lecanora esculenta) in der Wüste.

überdauern, nehmen ohne Zweifel die Temperatur ihrer Umgebung an. Diese beträgt am Nachmittage regelmäßig 60—70°, was aber für die Samen ohne Nachteil ist; denn wenn dann wieder die Regenzeit kommt, werden sie aus ihrem Sommerschlafe geweckt und keimen aus dem befeuchteten und abgekühlten Boden hervor. Die höchste Temperatur in der oberflächlichen Bodenschicht wurde nahe dem Äquator auf der Station Chinchoxo an der Loangoküste beobachtet. Dieselbe überstieg in sehr zahlreichen Fällen 75°, erreichte oft 80° und einmal sogar 84,6°. Auch diesem Boden fehlt es in der Regenzeit nicht an einjährigen Gewächsen, und ohne Zweifel haben die trocknen Samen dieser Gewächse in dem zeitweilig bis über 80° erhitzten Sande monatelang gelegen, ohne dadurch ihre Keimkraft einzubüßen. Es ist durch Versuche auch festgestellt, daß Samen, welchen man durch Chlorcalcium möglichst viel Wasser entzieht, auf den Siedepunkt des Wassers gebracht werden können, ohne dadurch getötet zu werden. Von verschiedenen Samen, denen man 50 Stunden lang Wasser entzogen hatte, und welche dann 3 Stunden hindurch auf 100° erwärmt wurden, keimten noch jene der Linsen (und zwar 49 Prozent der zu dem Versuche verwendeten Stücke), der Wicken (50 Prozent), des Knoblauchs (60 Prozent), des Weizens (75 Prozent), des Majorans (78 Prozent) und der Melonen (96 Prozent). Selbst von jenen früher ausgetrockneten Samen, welche beiläufig 15 Minuten lang einer Temperatur von 110 bis 125° ausgesetzt wurden, keimte immer noch ein kleiner Prozentanteil, und es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß es Arten gibt, deren Samen noch höhere Temperaturen ohne Nachteil vertragen.

Aus diesen Erfahrungen erhellt zur Genüge, daß die eiweißartigen Substanzen des Protoplasmas viel Wasser abgeben können, ohne dadurch Schaden zu leiden, und daß durch die Wasserabgabe bis zu einem gewissen Grade ein Schutz gegen das Gerinnen und Versengtwerden gegeben ist.

In der freien Natur laufen auch die meisten Einrichtungen, durch welche sich die Pflanzen gegen das Versengtwerden schützen, auf eine zeitgemäße Wasserabgabe hinaus. Die Steinpflanzen, namentlich die Krustenflechten, welche am meisten Gefahr laufen, versengt zu werden, sind so organisiert, daß sie in kürzester Zeit viel Wasser fahren lassen können; sie werden dann starr und spröde, man kann sie zu Staub zerreiben, und es scheint kaum glaublich, daß diese ausgedorrten Gebilde wieder lebendig werden können. Mit den Steinmoosen verhält es sich nicht anders. Auch mehrere Volvocineen, Sphaerella pluvialis und noch verschiedene andre in seichten Tümpeln und Rinnsalen lebende Sporenpflanzen vertrocknen nach dem Verdunsten des an ihrem Standorte angesammelten Wassers mit dem Schlamme zu Staub und sind in diesem Zustande gegen das Versengen geschützt. Wird der Staub, welcher zur Zeit der Dürre täglich mehrere Stunden hindurch auf 60° erwärmt war, später befeuchtet, so erwachen alle die kleinen Sporenpflanzen wieder aus ihrem Scheintode, und, was nicht übersehen werden darf, auch die winzigen Rädertierchen und verschiedene Infusorien, welche in demselben erhitzten Staube eingelagert waren, rühren sich wieder, spielen mit ihren Wimpern und liefern den Beweis, daß auch für das tierische Protoplasma die rechtzeitige Wasserabgabe das beste Schutzmittel gegen das Versengtwerden ist. In den Wüsten und Steppen und in allen Gegenden, wo in heißer, regenloser Zeit der Boden oberflächlich bis zu 70° erwärmt wird, gibt es bekanntlich auffallend viele einjährige Gewächse. Sobald die heiße Periode beginnt, sind Blätter, Stengel und Wurzeln bereits abgestorben, und die Pflanzen haben ihre Samen ausgestreut. Diese Samen sind aber sehr wasserarm, können auch von dem wenigen Wasser, das sie enthalten, noch einen Teil ohne Nachteil abgeben und sind so gegen das Versengtwerden am besten geschützt.

Von den ausdauernden Pflanzen solcher Gebiete wirft ein Teil am Schlusse der Regenzeit das Laub ab und überdauert die heiße, trockne Periode mit entblätterten, scheinbar dürren Zweigen, andre geben alle ihre oberirdischen Teile dem Versengen preis, erhalten sich nur unterirdisch in einer Region, wo die Erde niemals so hohe Temperaturen annimmt, und verschlafen dort die heiße Zeit als ruhende Knollen, Zwiebeln und Wurzelstöcke. Es darf hier auch daran erinnert werden, daß in Gegenden, wo hohe Temperaturen nicht mit großer Trockenheit gepaart sind, der übermäßigen Erwärmung durch die Verdunstung der saftreichen Gewebe gesteuert werden kann, indem bekanntlich die verdunstenden Körper immer auch eine Abkühlung erfahren. Endlich ist hier auch noch des Umstandes zu gedenken, daß manche Pflanzen Orte zur Ansiedelung wählen, wo sie dem Versengtwerden selbst an den heißesten Tagen des Jahres nicht ausgesetzt sind. Im Schutze schattenspendender Felswände und überall da, wo die Sonnenstrahlen nicht ungeschwächt und unmittelbar einwirken können, erreicht selbst am Äquator der Boden niemals jene Temperaturen, welche ein Versengen saftiger Pflanzenteile veranlassen könnten, und noch weniger vermöchte die an schattigen Stellen maßgebende Wärme der Luft einen solchen Effekt zu erzielen; denn die höchsten bisher beobachteten Schattentemperaturen gehen über 40° wenig hinaus (42° in Abu Arich in Arabien; 43,1° am Flusse Macquaire in Australien), und bei dieser Temperatur werden in keiner einzigen Pflanze die Eiweißstoffe zum Gerinnen gebracht.

Es fragt sich nun, wie die Ergebnisse, welche die Untersuchungen über das Erfrieren und Versengen geliefert haben, mit den früher ermittelten Beziehungen der Wärme zur lebenden Pflanze, insbesondere mit der Theorie des Wachstums, in Einklang gebracht

werden können. Wir haben uns das Wachstum als eine molekulare Arbeit der lebendigen Protoplasten gedacht und stellen uns vor, daß sich die Moleküle und Molekülgruppen des Protoplasmas wie bei jeder Arbeit in Wärmeschwingungen von gewisser Größe befinden, oder mit andern Worten, daß für jede Arbeit und insbesondere für das Wachstum ein bestimmter Wärmegrad notwendig ist. Gehen nun die Wärmeschwingungen über die festgesetzte Grenze hinaus, so wird dadurch die Lagerung, es werden die gegenseitigen Beziehungen der Moleküle im Protoplasma vollständig geändert, und es erfolgen Umlagerungen, welche nachträglich nicht mehr gutgemacht werden können. Das Protoplasma hat dann die Fähigkeit, sich weiter zu ernähren und sich zu vergrößern, eingebüßt, es ist versengt, es ist getötet worden. Dasselbe geschieht, wenn die Intensität der Wärmeschwingungen unter ein gewisses Maß herabsinkt. Auch da erfolgen Umlagerungen in der Substanz des Protoplasmas, welche irreparabel sind und die den Tod des lebendigen Protoplasten zur Folge haben. Durch ein Zuviel ebenso wie durch ein Zuwenig der Wärme kann demnach die molekulare Arbeit der lebendigen Protoplasten, welche als Wachstum erscheint, aufgehalten und sogar vollständig unterbrochen werden, und zwar erfolgt die Unterbrechung in dem Protoplasma verschiedener Arten auch unter dem Einflusse verschiedener Wärmegrade. So wie Wasser, Alkohol, Quecksilber bei bestimmten Temperaturen erstarren und bei bestimmten Temperaturen in Dampfform übergehen, so gibt es auch für das Protoplasma jeder Art eine Temperatur, bei welcher dasselbe erfriert, und eine Temperatur, bei welcher es versengt wird. Das führt aber auch zu der Vorstellung, daß die Moleküle und Molekülgruppen in jedem Protoplasma, solange dasselbe lebendig ist, sich in Schwingungen von bestimmter Größe und Intensität befinden und zwar auch dann, wenn von ihnen nicht gerade jene Arbeit geleistet wird, welche uns als Wachstum erscheint, mit andern Worten, daß schon *zur Erhaltung des Lebens* im scheinbar ruhenden Protoplasma *eine bestimmte Wärmemenge notwendig ist*, und daß man demzufolge auch nicht berechtigt ist, anzunehmen, daß alle der Pflanze zukommende Wärme zum Wachstume verbraucht wird.

Berechnung der zum Wachstume nötigen Wärme.

Nach der zur Erklärung zahlreicher Lebenserscheinungen mit bestem Erfolge herangezogenen mechanischen Wärmetheorie kann jede Bewegung in Wärme verwandelt und durch Wärme gemessen werden. Sollte es nicht möglich sein, diesen Grundsatz auch auf die Pflanzenwelt, zumal auf die Erscheinungen des Wachstums, in Anwendung zu bringen, sollte es nicht möglich sein, festzustellen, wieviel Wärme die Pflanze zu jeder ihrer Arbeiten in einem bestimmten Zeitraume verbraucht, und danach ihr Wärmebedürfnis als eine konstante Größe ziffermäßig festzustellen? Diese Frage wurde oftmals gestellt, und es fehlt auch nicht an Versuchen, dieselbe zu beantworten. Es wäre ja nicht nur von theoretischem, sondern auch von großem praktischen Werte, zu wissen, wieviel Wärme unsre Forstbäume, unsre Getreidearten und andre Nutzpflanzen zum Abschlusse ihres jährlichen Lebenscyklus bedürfen, zu wissen, wieviel Wärme notwendig ist, damit die Samen dieses oder jenes Kulturgewächses keimen, wieviel notwendig ist, damit die aufgekeimten Pflanzen zum Blühen kommen, und welches Wärmemaß sie beanspruchen, um keimfähige, vollwichtige Samen auszureifen. Wäre es ausführbar, diese Wärmemengen, welche man *thermische Vegetationskonstanten* nannte, festzustellen, so würde sich auch für jeden Ort aus den dort herrschenden Wärmeverhältnissen im vorhinein berechnen lassen, ob diese oder jene Pflanzenarten noch fortkommen, ob sie noch reife Früchte bringen können, und ob ihr Anbau ein vorteilhafter und empfehlenswerter ist oder nicht.

Die in der angedeuteten Richtung bisher gewonnenen Resultate lassen freilich noch sehr viel zu wünschen übrig, sind aber doch von so hohem Interesse, daß sie hier nicht mit Stillschweigen übergangen werden dürfen. Was zunächst die ersten Wachstumsvorgänge, die Keimung von Sporen und Samen, anlangt, so hat sich durch Versuche herausgestellt, daß nicht wenige Arten schon bei sehr niedern Temperaturen zu keimen vermögen. Die Samen des weißen Senfes, des Hanfes, des Weizens und des Roggens, des Spitzahorns und des Ackerveilchens keimen schon bei einer Temperatur, welche dem Eispunkte sehr nahe steht, zwischen 0 und 1°; andre, wie die Gartenkresse, der Lein, Spinat, die Zwiebel, der Mohn, die Zuckerrüben und das englische Raigras, keimen bei Temperaturen zwischen 1 und 5°; Fisolen, Esparsette, Rispenhirse, Mais, Sonnenblumen bei Temperaturen zwischen 5 und 11°; Paradiesapfel, Tabak, Kürbis bei Temperaturen zwischen 11 und 16°; Gurken, Melonen und Kakaobohnen erst über 16°. Das ist so zu verstehen, daß die Melonensamen, wenn sie in eine feuchte Erde gelegt werden, deren Temperatur unter 15° liegt, zwar Feuchtigkeit einsaugen und anschwellen, daß aber in den Zellen des Embryos bei dieser Temperatur noch nicht jene Veränderungen hervorgebracht werden, welche als Wachstum derselben erscheinen. Erst wenn die Temperatur des Keimbeetes über 15° steigt, streckt sich der Embryo und schiebt sich das Würzelchen aus den Samenhüllen vor. Alle diese Zahlen würden aber für sich allein nur ein sehr unvollkommenes Bild von den Wärmebedürfnissen der keimenden Samen geben, wenn nicht auch ermittelt würde, wie lange der Same den angegebenen Temperaturen ausgesetzt sein muß, damit sich sein Embryo vergrößert und auswächst. Wenn man ein Hühnerei nur zwei oder drei Tage einer Temperatur von 35 bis 40° aussetzt, so wird dasselbe nicht ausgebrütet; nur dann, wenn es sich 20—21 Tage hindurch unter dem Einflusse dieser konstanten Temperatur befindet, kann das Ei ausgebrütet werden. Dasselbe ist nun auch bei den Pflanzensamen der Fall. Es folgt zunächst eine Auswahl aus den in dieser Beziehung gewonnenen Resultaten:

Es keimten bei einer konstanten Temperatur von	die Samen von	in Tagen	Es keimten bei einer konstanten Temperatur von	die Samen von	in Tagen
4,6°	Leindotter . . .	4	10,5°	Bibernell	10
	Erbsen	5		Mais	11
	Spinat	9		Rispen-Mohrhirse .	13
	Mohn	10		Kümmel	16
	Zuckerrüben . . .	22		Sonnenblumen. .	25
	Mohar	24	15,6°	Paradiesapfel . .	6
10,5°	Fisolen	3		Tabak	9
	Lieschgras . . .	6	18,5°	Gurken	5
	Esparsette . . .	7		Melonen	17

Wenn man nun die Zahl der Tage mit der Temperatur multipliziert, so könnte das Produkt als eine empirische Formel für die zum Keimungsprozesse nötige Wärme angesehen werden. Es wird nun vorausgesetzt, daß dieses Produkt eine konstante Größe sei, und es wird dasselbe als „thermische Konstante“ betrachtet. Es würde sich auf diese Weise für das Keimen der Samen des Leindotters die thermische Konstante 184, für den Mohn 460, für den Mais 1155 u. s. f. ergeben.

Bei diesen Berechnungen kommen selbstverständlich nur die konstanten Temperaturen des von den Sonnenstrahlen nicht direkt getroffenen Keimbettes in Betracht. Bei weitem komplizierter gestaltet sich die Sache, wenn es sich darum handelt, auch die Konstanten für andre Entwickelungsstufen der Pflanzen, für das Vorschieben des Laubes aus den Knospen, das Öffnen der ersten Blüten und das Reifen der ersten Früchte, festzustellen. Diese

Wachstumserscheinungen finden nämlich an den meisten im Freien stehenden Pflanzenstöcken nicht im Schatten, sondern in der Sonne statt. Auch ist an den Beobachtungsorten die Temperatur nicht konstant, sondern wechselt von Stunde zu Stunde, erreicht kurz vor Sonnenaufgang ihren niedrigsten und in den ersten Stunden des Nachmittages ihren höchsten Stand. Da nun die Erfahrung gezeigt hat, daß sich die Größe des Zuwachses vorzüglich nach der höchsten Temperatur in der Sonne richtet, so wurden zur Berechnung der Konstanten für die oben erwähnten Wachstumsphänomene weder die Schattentemperaturen noch die Mitteltemperaturen, sondern die Angaben des der Sonne ausgesetzten Maximumthermometers benutzt. Man summiert, vom ersten Januar angefangen, die täglichen an einem der Sonne ausgesetzten Maximumthermometer abgelesenen Temperaturen bis zu dem Tage, an welchem an einem in nächster Nähe stehenden, von der Sonne beschienenen Pflanzenstocke die Laubblätter sich aus der Knospe vorschieben, die ersten Blüten sich entfalten und die ersten Samen reifen, und nimmt die so gewonnenen Zahlen als Konstanten an.

Eine Auswahl aus den auf diesem Wege durch mehrjährige Beobachtungen im mittlern Deutschland (Gießen) gewonnenen Konstanten möge hier ihren Platz finden.

Konstanten für das Hervortreten der Laubblätter aus den Knospen.

Stachelbeere (Ribes Grossularia) 478°,
Haselnuß (Corylus Avellana) 1061°,
Rotbuche (Fagus silvatica) 1439°,
Platane (Platanus acerifolia) 1503°,
Walnußbaum (Juglans regia) 1584°.

Konstanten für die Entfaltung der ersten Blüten.

Haselnuß (Corylus Avellana) 226°,
Seidelbast (Daphne Mezereum) 303°,
Schneeglöckchen (Galanthus nivalis) 311°,
Märzveilchen (Viola odorata) 576°,
Kornelkirsche (Cornus mas) 576°,
Aprikose (Prunus Armeniaca) 843°,
Hohlwurz (Corydalis cava) 863°,
Kellerhalsblätterige Weide (Salix daphnoides) 968°,
Himmelsschlüssel (Primula officinalis) 968°,
Spitzahorn (Acer platanoides) 1100°,
Pfirsich (Persica vulgaris) 1100°,
Stachelbeere (Ribes Grossularia) 1138°,
Mandelbaum (Amygdalus communis) 1196°,
Vogelkirsche (Prunus avium) 1265°,
Schlehdorn (Prunus spinosa) 1265°,
Birnbaum (Pirus communis) 1304°,
Traubenkirsche (Prunus Padus) 1325°,
Apfelbaum (Pirus Malus) 1423°,
Pflaumenbaum (Prunus domestica) 1423°,
Alpengeißblatt (Lonicera alpigena) 1458°,
Stieleiche (Quercus pedunculata) 1556°,
Flieder (Syringa vulgaris) 1556°,
Walnußbaum (Juglans regia) 1584°,
Sauerdorn (Berberis vulgaris) 1615°,
Weiße Narzisse (Narcissus poeticus) 1615°,
Hagedorn (Crataegus Oxyacantha) 1649°,
Maiglöckchen (Convallaria majalis) 1649°,
Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum) 1708°,
Pfingstrose (Paeonia officinalis) 1818°,
Goldregen (Cytisus Laburnum) 1818°,
Eberesche (Sorbus aucuparia) 1844°,
Fichte (Abies excelsa) 1904°,
Platane (Platanus acerifolia) 2115°,
Schwarzer Holunder (Sambucus nigra) 2313°,
Tollkirsche (Atropa Belladonna) 2346°,
Robinie (Robinia Pseudacacia) 2404°,
Föhre (Pinus silvestris) 2404°,
Weiße Seerose (Nymphaea alba) 2506°,
Wohlverleih (Arnica montana) 2538°,
Tulpenbaum (Liriodendron tulipifera) 2538°,
Gartenrose (Rosa centifolia) 2538°,
Roter Fingerhut (Digitalis purpurea) 2640°,
Kartäusernelke (Dianthus Carthusianorum) 2640°,
Weinstock (Vitis vinifera) 2878°,
Großblätterige Linde (Tilia grandifolia) 3033°,
Kleinblätterige Linde (Tilia parvifolia) 3274°,
Hafer (Avena sativa) 3444°,
Weiße Lilie (Lilium candidum) 3378°,
Kastanie (Castanea sativa) 3660°,
Sandimmortelle (Helichrysum arenarium) 3918°,
Gemeines Heidekraut (Calluna vulgaris) 4164°,
Trompetenbaum (Catalpa syringaefolia) 4275°,
Azurblaue Aster (Aster Amellus) 4874°,
Syrischer Eibisch (Hibiscus Syriacus) 4986°,
Herbstzeitlose (Colchicum autumnale) 5024°,
Epheu (Hedera Helix) 5910°.

Konstanten für die Fruchtreife.

Gemeine Erdbeere (Fragaria vesca) 2671°,
Vogelkirsche (Prunus avium) 2778°,
Seidelbast (Daphne Mezereum) 2935°,
Rote Johannisbeere (Ribes rubrum) 3069°,
Stachelbeere (Ribes Grossularia) 3596°,
Alpengeißblatt (Lonicera alpigena) 4164°,

Eberesche (Sorbus aucuparia) 4339°,
Gerste (Hordeum vulgare) 4403°,
Aprikose (Prunus Armeniaca) 4435°,
Apfelbaum (Pirus Malus) 4730°,
Sauerdorn (Berberis vulgaris) 4765°,
Kartäusernelke (Dianthus Carthusianorum) 4874°,
Schwarzer Holunder (Sambucus nigra) 4913°,
Birnbaum (Pirus communis) 5024°,
Kornelkirsche (Cornus mas) 5416°,
Pflaume (Prunus domestica) 5780°,
Weinstock (Vitis vinifera) 5780°,
Pfirsich (Persica vulgaris) 6004°,
Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum) 6034°,
Stieleiche (Quercus pedunculata) 6236°.

Konstanten für den Beginn des Laubfalles.

Traubenkirsche (Prunus Padus) 6179°,
Kleinblätterige Linde (Tilia parvifolia) 6644°,
Schwarzer Holunder (Sambucus nigra) 6644°,
Alpengeißblatt (Lonicera alpigena) 6759°,
Birnbaum (Pirus communis) 6788°,
Walnußbaum (Juglans regia) 6816°,
Trompetenbaum (Catalpa syringaefolia) 6816°,
Kellerhalsblätterige Weide (Salix daphnoides) 6838°,
Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum) 6863°,
Haselnuß (Corylus Avellana) 6884°,
Stachelbeere (Ribes Grossularia) 6884°,
Rotbuche (Fagus silvatica) 6884°,
Weinstock (Vitis vinifera) 6913°,
Stieleiche (Quercus pedunculata) 6979°,
Apfelbaum (Pirus Malus) 6999°,
Kastanie (Castanea sativa) 7023°,
Vogelkirsche (Prunus avium) 7023°,
Platane (Platanus acerifolia) 7145°.

Obschon die Berechnungen, welche an verschiedenen Orten und in verschiedenen Jahren zur Probe ausgeführt wurden, Zahlen ergeben haben, welche von den obigen nicht bedeutend abweichen, und es somit den Anschein hat, als ob diese Konstanten wirklich etwas Konstantes wären, so wird doch das Vertrauen auf dieselben durch die nachfolgenden Betrachtungen einigermaßen herabgemindert.

Was zunächst das Keimen der Samen anlangt, so läßt sich aus verschiedenen Erscheinungen schließen, daß auf diesen Wachstumsvorgang neben der Temperatur des Keimbettes nicht zum wenigsten auch die bei der Atmung im Innern der Samen frei werdende Wärme Einfluß nimmt. Samen, in deren Zellen das Protoplasma durch einen äußern Anstoß, vielleicht durch ein Minimum strahlender oder geleiteter Wärme, einmal in raschere Bewegung versetzt worden ist, atmen ziemlich lebhaft. Dabei werden die in ihnen aufgespeicherten Reservestoffe verbrannt und wird so viel Wärme frei, daß nicht nur ein Auswachsen des Embryos ermöglicht ist, sondern daß auch noch Wärme an die Umgebung abgegeben werden kann. Man hat die Würzelchen keimender Ahorn- und Weizensamen, die zufällig in Eiskeller gelangt waren, in die Eisblöcke hineinwachsen sehen, was nur dadurch geschehen konnte, daß die aus den Samenhüllen hervorbrechenden Würzelchen das Eis, mit welchem sie in Berührung kamen, zum Schmelzen brachten und ähnlich wie die auf S. 466 beschriebenen Blütenknospen der Soldanellen sich in die gebildete Höhlung einschoben. In vielen Fällen darf man demnach bezweifeln, daß das beim Keimen beobachtete Wachstum des Embryos nur auf Rechnung der gemessenen, den Samen aus der Umgebung zugekommenen Wärme zu setzen ist. Anderseits ist es zweifelhaft, ob die an dem Thermometer abgelesene, auf die Pflanze von außen eindringende Wärme nur zum Wachstume verwendet wird. Ein Teil derselben kann verbraucht werden, um den betreffenden Pflanzenteil am Leben zu erhalten (vgl. S. 520), ein andrer Teil kann bei der Herstellung und bei der Wandlung und Wanderung der Baustoffe nutzbar sein, und nur ein weiterer Teil mag dann bei dem Wachstume eine Rolle spielen. Aber nicht genug an dem; es ist auch zweifelhaft, ob die auf die Pflanze von außen eindringende gemessene Wärme innerhalb des angegebenen Zeitraumes immer auch vollständig zu allen im Innern der Pflanze sich abspielenden chemischen Umsetzungen und molekularen Umlagerungen verwertet werden kann, und ob nicht mitunter ein unbenutzter Überschuß vorhanden ist, der dann bei der Berechnung eigentlich abgezogen werden sollte. Es wird bei den Berechnungen stillschweigend vorausgesetzt, daß dann, wenn die Pflanze einer konstanten Temperatur von 20° zwölf Stunden lang ausgesetzt ist, die gesamte Wärme, welche das Quecksilber zwölf Stunden hindurch

bis zu 20° auszudehnen im stande war, auch von der Pflanze verwertet wurde. Daß dem aber nicht immer so sei, zeigen die nachfolgenden Beobachtungen:

Es keimten die Samen des	ausgesetzt einer Temperatur von	in Stunden	Daraus berechnete Konstante
Weißen Senfes (Sinapis alba) . . .	4,6°	48	220,8
	10,5°	36	378,0
Hanfes (Cannabis sativa)	4,6°	72	331,2
	10,5°	48	504,0
Leines (Linum usitatissimum) . . .	4,6°	144	662,4
	10,5°	96	1008,0
Maises (Zea Mais)	16,1°	144	2318,4
	44,0°	80	3520,0

Aus diesen Beobachtungen läßt sich leicht entnehmen, daß in jenen Fällen, wo der Same einer Pflanzenart höherer Temperatur ausgesetzt war, nur ein Teil der zugeführten Wärme zum Keimen wirklich verwendet wurde, und daß daher die auf Grundlage dieser Beobachtungen berechneten Konstanten viel zu hoch ausfallen mußten.

Nur dann, wenn wir am Thermometer die innerhalb einer bestimmten Zeit wirklich von der nebenstehenden Pflanze verbrauchte Wärmemenge ablesen könnten, würden die danach berechneten Konstanten den Anspruch auf Genauigkeit haben und zu Vergleichen brauchbar sein. Diese Bedingungen sind aber eben nicht erfüllt. Gewöhnlich wird hier nur „post hoc propter hoc“ geschlossen, es werden Thermometerangaben in Rechnung gebracht, in welchen auch der von der Pflanze nicht verwendete Wärmeüberschuß enthalten ist, und demzufolge sind dann die Konstanten auch nicht der richtige Ausdruck für die zum Wachstume wirklich verwendete Wärmemenge.

Noch weit unsicherer als bei den in beschatteter Erde keimenden Samen sind die Grundlagen, auf welche sich die Berechnung der Konstanten für die unter dem direkten Einflusse der Sonnenstrahlen wachsenden oberirdischen Organe stützt. Schon der Umstand, daß die Sonnenstrahlen auf Laub, Blüten und Früchte wesentlich anders wirken als auf das Quecksilber des Thermometers, muß Bedenken erregen. Diesem Übelstande kann nun freilich dadurch abgeholfen werden, daß man bei allen Beobachtungen die gleichen Instrumente verwendet und entsprechende Korrekturen in Anwendung bringt; wichtiger ist dagegen, daß wir keinen Anhaltspunkt haben, um zu ermitteln, wieviel Licht in dem wachsenden, den Sonnenstrahlen ausgesetzten Organe in Wärme umgewandelt wird. Mit zunehmender Seehöhe wächst die Intensität des Lichtes, und es wächst auch seine Bedeutung für das Wachstum von einer Höhenstufe des Landes zur andern. Diese Beziehungen ziffermäßig festzustellen, zumal an den im Freien beobachteten Pflanzen und Thermometern festzustellen, ist aber unmöglich.

Es darf nicht übersehen werden, daß sich die Wärmeaufnahme auch nach der Individualität des beobachteten Pflanzenstockes und nach der Konstitution des Protoplasmas der betreffenden Art richtet. Die Samen des weißen Senfes werden schon durch Temperaturen, die ganz nahe dem Eispunkte liegen, zum Wachstume angeregt, während die Samen der Melone erst keimen, wenn auf sie wenigstens 17 Tage lang die Temperatur von 18,5° Einfluß genommen hat. Das beweist, daß jede Art gewissermaßen ihren eignen untern Nullpunkt hat, bei welchem das Wachstum beginnt, und es sollte eigentlich bei allen Berechnungen der zum Wachstume der Stengel und des Laubes einer bestimmten Art verbrauchten Wärme immer nur von diesem Nullpunkte ausgegangen werden. Auch ist es eine von allen Gärtnern bekräftigte Erfahrung, daß an den meisten Pflanzen zur Ausbildung der Blüten höhere Temperaturen als zur Entwickelung des Laubes und zum

Reifen keimfähiger Samen wieder höhere Temperaturen als zur Entfaltung der Blüten notwendig sind. Einzelne Arten zeigen allerdings auch in dieser Beziehung rätselhafte Abweichungen. Die Akazie (Robinia Pseudacacia) entwickelt in Unteritalien ihre Blüten vor den Laubblättern, und wenn dort die Akazienbäume schon in voller Blüte stehen, sind ihre Laubblättchen noch winzig und zusammengefaltet; nordwärts der Alpen entfalten sich durchweg die Laubblätter zu gleicher Zeit mit den Blüten. Und doch bringen wir in allen Fällen immer die von dem Thermometer angezeigte Wärme so in Rechnung, als ob sie von der nebenstehenden Pflanze in allen Entwickelungsstadien in gleicher Weise verbraucht worden wäre.

Endlich ist noch darauf hinzuweisen, daß gewisse Veränderungen, welche während der scheinbaren Ruhe eines Samens oder eines Pflanzenstockes sich im Innern vollziehen und die für die spätern augenfälligen Wachstumserscheinungen eine große Bedeutung haben, der Beobachtung und Berechnung vollständig entzogen sind. Wenn man die Knollen der Kartoffel im Herbste aus der Erde nimmt und in den Keller bringt, so hat es den Anschein, als ob in den einzelnen Zellen derselben alle Bewegungen, alle Umlagerungen und chemischen Umsetzungen ganz unterbrochen wären. Die Kartoffelknolle liegt ruhig in dem dunkeln unterirdischen Raume, in welchem den ganzen Winter hindurch eine konstante Temperatur von 10° herrscht. Es kommt der Frühling. Oberirdisch keimt und sproßt es aus der besonnten Erde frisch empor, und wir bringen diese Erscheinung mit der stärkern Erwärmung durch die Strahlen der höher stehenden Sonne in Zusammenhang. In den Kellerraum fällt kein wärmender Sonnenstrahl, die Temperatur der Luft, der Erde und der monatelang hier gelegenen Kartoffelknollen ist immer gleichmäßig 10°, ja vielleicht jetzt um einige Zehntel tiefer, da sich erfahrungsgemäß die niederste Temperatur in den Kellern erst am Schlusse des Winters einstellt. Und dennoch beginnt jetzt da unten die Kartoffel auszuwachsen und schlanke Stengel aus den Knospen der Knolle hervorzutreiben, als ob sie es wüßte, daß der Frühling, die geeignete Zeit zum Sprossen und Wachsen, gekommen ist. Warum beginnt das Wachstum erst jetzt im März, warum hat es nicht schon im Dezember begonnen, da doch die äußern Einflüsse, insbesondere die Temperatur der Umgebung, dazumal nicht anders waren, als sie es jetzt im Frühlinge im Bereiche des Kellerraumes sind? Auf diese Frage gibt es nur eine Antwort, und diese lautet: die Kartoffelknolle war im Dezember zum Auswachsen noch nicht ausgerüstet, sie war nur scheinbar in absoluter Ruhe, in Wirklichkeit vollzogen sich in ihren Zellen fort und fort chemische Umsetzungen und Umlagerungen, Zubereitungen und Herstellungen der Baustoffe, und diese waren im Dezember, Januar und Februar noch nicht so weit gediehen, daß es möglich gewesen wäre, Stengel, Blätter und Wurzeln aufzubauen. Erst jetzt im März sind die Vorbereitungen zum Auswachsen abgeschlossen, und erst jetzt kann jene Umgestaltung der Baustoffe, welche auch äußerlich als Wachstum erscheint, stattfinden. Die organischen Verbindungen, wie sie die Zellen der Knolle im Herbste enthielten, würden auch unter dem Einflusse einer Temperatur von 20° noch nicht zur Bildung von Stengeln, Blättern und Wurzeln getaugt haben. Alle diese Vorgänge bedürfen eben auch eines bestimmten Zeitraumes, und dieser läßt sich durch Erhöhung der Temperatur weder ersetzen, noch merklich abkürzen.

In der unterirdischen Zwiebel des Schneeglöckchens (Galanthus nivalis) bilden sich im Laufe des Sommers bereits die Anlagen für Blätter und Blüten des nächsten Frühlinges, und Ende September sind bereits alle Teile der künftigen Blüte zwischen den umhüllenden Zwiebelschuppen und Scheiben zu erkennen. Man sollte meinen, es wäre ein Leichtes, diese Zwiebel durch Erhöhung der Temperatur und durch Feuchthalten des umgebenden Erdreiches zum Treiben zu bringen, so daß man schon im November blühende Schneeglöckchen

haben könnte. Vielfältige Versuche haben aber gezeigt, daß die so behandelten Zwiebeln zwar Blätter entwickeln und einen Blütenschaft vorschieben, daß aber die Blüten nicht ordentlich auswachsen und immer frühzeitig zu Grunde gehen, während doch vier Monate später bei Temperaturen, welche nicht viel über dem Nullpunkte liegen, das Wachstum der Blätter und Blüten ganz gut und rasch von statten geht. Und so wie mit den Knollen und Zwiebeln, für welche die Kartoffel und das Schneeglöckchen als allbekannte Beispiele gewählt wurden, verhält es sich auch mit vielen Wurzelstöcken, mit den meisten Knospen oberirdischer Zweige, mit manchen sogenannten Sklerotien und mit zahlreichen Samen und Sporen. Wie viele Pflanzen gibt es, die schon zeitig im Frühlinge blühen, im Vorsommer ihre Früchte reifen, und deren von dem mütterlichen Pflanzenstocke sich ablösende Samen schon im Hochsommer auf den Boden zu liegen kommen. Obschon das Erdreich, in welches sie eingebettet sind, feucht und genügend durchwärmt ist, und obschon alle äußern Bedingungen des Keimens erfüllt sind, keimen sie doch nicht mehr in jenem Jahre, in welchem sie ausgestreut wurden. Erst im folgenden Frühlinge sprengen die Keimlinge die Samenhülle und treiben ihre Würzelchen hervor und zwar häufig unter Verhältnissen, welche scheinbar weit ungünstiger sind, als es jene des verflossenen Sommers und Herbstes waren. Solche Samen sind eben zur Zeit ihres Abfallens von der Mutterpflanze noch nicht reif oder, vielleicht besser gesagt, noch nicht keimfähig. Es müssen die in ihren Zellen enthaltenen Stoffe früher noch einen Umwandlungsprozeß durchmachen, ehe sie bei dem Auswachsen des Keimlinges eine Verwendung finden können, und dieser Umwandlungsprozeß läßt sich durch vermehrte Zufuhr von Wärme und Feuchtigkeit keineswegs beschleunigen. An manchen größern Samen, wie z. B. jenen der Hasel, Buche und des Mandelbaumes, ist diese Verschiedenheit zwischen den eben vom Baume gefallenen noch nicht keimfähigen und den abgelegenen keimfähigen Samen schon an der Konsistenz, am Geschmacke und Geruche leicht wahrzunehmen. In besonders auffallender Weise tritt die hier besprochene Erscheinung auch an den Früchten der Wassernuß (**Trapa natans**) hervor. Bringt man Wassernüsse, welche sich von der Mutterpflanze abgelöst haben, im Herbste in ein mit Wasser gefülltes Gefäß und erhält die Temperatur des Wassers den ganzen Winter hindurch auf 15°, so wachsen die Würzelchen der Keimlinge doch erst im kommenden Frühlinge hervor und zwar nicht erst bei einer erhöhten Temperatur, sondern bei derselben Temperatur, welcher die Wassernüsse sechs Monate lang ununterbrochen ausgesetzt waren. Auch wenn man die Temperatur des Wassers auf 20° erhöht, wird dadurch das Hervorwachsen der Würzelchen nicht beschleunigt, und es kann somit die erhöhte Wärme erst dann als Anregungsmittel zum Wachstume wirksam werden, nachdem die Samen im Laufe der sechs Monate entsprechend zubereitet wurden. Die Gärtner sagen, solche Samen müssen „abliegen" und „nachreifen", und haben mit dem letztern Ausdrucke wohl das Richtige getroffen. Auch von den Sporen müssen viele längere Zeit abliegen und nachreifen. Manche keimen allerdings sofort, nachdem sie sich von der Mutterpflanze abgelöst haben; die sogenannten Dauersporen aber machen stets eine Ruheperiode durch, deren Dauer gewöhnlich mit großer Genauigkeit eingehalten wird und durch veränderte äußere Einflüsse wenig gekürzt werden kann. Sehr beachtenswert ist auch die Thatsache, daß in den Meeren tropischer Gegenden, deren Wasser jahraus jahrein die gleiche chemische Zusammensetzung, die gleiche Temperatur und Beleuchtung zeigt, gewisse Arten der Florideen im März, andre im Juni und wieder andre im Oktober zur Entwickelung kommen. Es fehlt in diesen Fällen jeder Anhaltspunkt zur Erklärung; nur das eine kann mit Sicherheit angegeben werden, daß an dieser merkwürdigen Periodizität die Zunahme oder Abnahme der Wärme nicht beteiligt ist.

Es wäre übrigens zu weit gegangen, wenn man von allen Arten behaupten wollte, daß die von ihnen in herkömmlicher Weise eingehaltene Ruheperiode durch äußere Einflüsse,

namentlich durch Erhöhung der Temperatur, nicht beschleunigt werden könne. Manche Samen, wie jene der Kresse, des Senfes, der Gerste und zahlreicher sogenannter Unkräuter, welche sich auf bebautem Lande als unwillkommene Gäste einfinden, haben keine Ruheperiode, keimen zu jeder Jahreszeit, wenn ihnen die nötige Feuchtigkeit zugeführt wird, und es tritt ihre Entwickelung desto rascher ein, je wärmer das Erdreich ist, das ihnen zum Keimbeete dient. Es ist ja auch genügend bekannt, daß es Pflanzen gibt, welche, um mit den Gärtnern zu sprechen, „getrieben" werden können. Tulpen, Maiglöckchen und Flieder, deren Ruheperiode im mittlern Europa von der Reifezeit der Samen im Sommer bis zum Frühlinge des nächsten Jahres dauert, können schon im Spätherbste, bald nachdem sie ihre Samen ausgereift und eingezogen haben, getrieben werden, wenn man sie im Gewächshause in warme, feuchte Erde pflanzt. Sie entwickeln dann schon im Januar ihre Blüten, und in diesen Pflanzen sind daher die im vorhergegangenen Sommer erzeugten Stoffe schon im Herbste als Baumaterial beim Wachstume verwendbar. Ich habe einmal eine im freien Lande wurzelnde Waldrebe (Clematis Vitalba), nachdem sie im Herbste ihr Laub verloren hatte, 3 m hoch über dem Boden durch einen engen Spalt in das Innere eines benachbarten Warmhauses gezogen. Aus den Knospen des von der warmen Luft im Warmhause umgebenen obern Rebenstückes entwickelten sich schon im Dezember beblätterte Triebe, während der außerhalb des Warmhauses befindliche, von kalter Luft umgebene untere Teil derselben Rebe noch gefroren war. Auch in dieser Pflanze waren daher die im Sommer erzeugten Stoffe, alsbald nachdem sie in den Reservestoffbehältern deponiert wurden, schon als Baustoffe brauchbar.

Dasselbe muß wohl auch bei jenen Pflanzen der Fall sein, welche normal im Frühlinge blühen, in manchen durch besonders milden Herbst ausgezeichneten Jahren aber die für den nächsten Frühling angelegten und vorbereiteten Knospen schon im Oktober sprengen, frisch belaubte Stengel hervortreiben und in einem und demselben Jahre zweimal zum Blühen gelangen, wie beispielsweise manche Apfelbäume und Roßkastanien, Veilchen und Erdbeeren, mehrere Primeln, Gentianen und Anemonen.

Wenn mit Rücksicht auf die zahlreichen oben vorgebrachten Bedenken bezweifelt werden muß, ob die bisher berechneten Konstanten als der richtige Ausdruck für die von den Pflanzenarten in ihren verschiedenen Entwickelungsstufen zum Wachstume verbrauchte Wärme aufgefaßt werden dürfen, so ist doch anderseits der Wert derselben auch nicht zu unterschätzen. Vergleiche der an verschiedenen Orten nach derselben Methode, mit denselben Instrumenten und an denselben Arten gewonnenen Resultate werden ohne Zweifel noch zu manchem interessanten Ergebnisse führen. Die Feststellung des Beginnes der verschiedenen Entwickelungsphänomene, die Feststellung der Laub- und Blütenentfaltung, der Fruchtreife und des herbstlichen Blattfalles für möglichst viele Beobachtungsstationen ist nicht nur an und für sich ein höchst anziehendes Problem, sondern auch von hohem wissenschaftlichen Werte und zwar sowohl für die Erforschung des Pflanzenlebens überhaupt als auch ganz besonders für die Pflanzengeographie, indem die Grenzlinien, welche der Verbreitung der Gewächse gezogen sind, zum guten Teile daraus zu erklären sind, daß die betreffenden Arten ihren jährlichen Entwickelungskreis jenseit der Grenze nicht mehr abzuschließen im stande sind, und endlich auch für die Klimatologie, indem der jährliche Entwickelungsgang der Pflanzen in vielen Fällen das Klima einer Gegend viel anschaulicher zum Ausdrucke bringt als der Gang der an dem betreffenden Orte aufgestellten Instrumente. Die sogenannten phänologischen Beobachtungen, das heißt die Feststellung des Erwachens der Natur am Schlusse des Winters oder nach Ablauf der Sommerdürre, die Ermittelung der Zeit, in welcher das Wachsen und Blühen seinen Höhepunkt erreicht, und die Fixierung der Periode, in welcher die Organismen wegen Ungunst der äußern Verhältnisse in einen Winterschlaf oder Sommerschlaf verfallen, sind daher auch dann von Interesse, wenn es nicht gelingt,

für den Eintritt eines jeden Phänomens die Wärmekonstante zu berechnen. Es wurde auch schon früher S. 484 und 491 von den Resultaten solcher phänologischer Beobachtungen wiederholt Gebrauch gemacht, und es hat sich dort gezeigt, wie wertvoll dieselben für jene Fragen sein können, welche die Beziehungen der Wärme zum Wachstume betreffen.

Wir können dieses Kapitel nicht schließen, ohne noch zwei wertvolle Ergebnisse phänologischer Beobachtungen, wenn auch nur flüchtig, zu berühren. Die nachfolgende Tabelle bietet zunächst eine Übersicht über die Verspätung der Vegetationsentwickelung im Frühlinge mit wachsender Polhöhe in Europa.

Vergleich mit Lesina im Adriatischen Meere, 43° 11′ nördl. Br., 34° 7′ östl. L.

Nördliche Breite	Orte zwischen dem 20. u. 30. Meridian	Verspätung in Tagen	Orte zwischen dem 30. u. 40. Meridian	Verspätung in Tagen	Orte zwischen den 40. u. 62. Meridian	Verspätung in Tagen
48—49°	Paris	43	Preßburg	58	Sarepta	66
50—51°	Brüssel	50	Prag	59	Kiew	68
52—53°	Osnabrück	63	Warschau	65	Orel	79
59—60°	Christiania	86	—	—	Pulkowa	100

Zum Ausgangspunkte bei dem Vergleiche wählten wir die Insel Lesina im Adriatischen Meere und zwar aus dem Grunde, weil dort die klimatischen Verhältnisse zwischen jenen der unter gleicher Breite im westlichen ozeanischen und im östlichen kontinentalen Europa gelegenen Orte die Mitte halten. Die mit Lesina verglichenen, nicht über 300 m Seehöhe liegenden Beobachtungsstationen wurden in drei Reihen geordnet, eine westliche zwischen dem 20. und 30. Meridiane, eine mittlere zwischen dem 30. und 40. Meridiane und eine östliche zwischen dem 40. und 62. Meridiane. Überblickt man nun die Verspätung gegen Lesina mit zunehmender Polhöhe, so stellt sich das interessante Resultat heraus, daß diese Verspätung in der östlichen kontinentalen Reihe um zwei bis drei Wochen größer ist als in der westlichen Reihe. Zu einer Zeit, wann in Paris schon zahlreiche Frühlingspflanzen in voller Blüte stehen, ist die Pflanzenwelt auf den unter gleicher Breite liegenden russischen Steppen (Sarepta) noch tief im Winterschlafe, und erst 23 Tage später rückt hier die Vegetation in das gleiche Stadium ein.

Aus einer zweiten hier eingeschalteten kleinen Tabelle ergeben sich auch sehr merkwürdige Resultate in Betreff des Aufblühens derselben Pflanzenarten im westlichen Europa und östlichen Nordamerika.

Die Frühlingspflanzen blühen zu gleicher Zeit auf an den Stationen

Nordamerikas	geogr. Breite	Europas	geogr. Breite	Breiten-Unterschied
New Albany	38° 17′	Dijon	47° 19′	9° 20′
Sykesville	39° 23′	Kremsmünster . .	48° 30′	9° 07′
Belle Centre	40° 28′	Heidelberg	49° 28′	9° 00′
New York	40° 42′	Marburg (Hessen) .	50° 47′	10° 05′
Germantown	42° 80′	Antwerpen	51° 18′	8° 38′
Baldwinville	43° 40′	Utrecht	52° 08′	8° 90′

Es sind hier jene amerikanischen und europäischen Orte nebeneinander gestellt, an welchen das Aufblühen derselben Pflanzenarten gleichzeitig erfolgt, und da ergibt der Vergleich, daß die geographische Lage dieser Orte um 8—10 Breitengrade abweicht, so daß z. B. in New York (welches mit Neapel unter gleicher Breite liegt) die Pflanzen zu derselben Zeit aufblühen wie in dem um 10 Breitengrade nördlicher gelegenen Marburg.

3. Aufbau der Pflanze.

Inhalt: Hypothesen über die Form und Größe der zum Aufbaue der Pflanzen verwendeten kleinsten Raumgebilde. — Sichtbare Bauthätigkeit im Protoplasma.

Hypothesen über die Form und Größe der zum Aufbaue der Pflanzen verwendeten kleinsten Raumgebilde.

Wenn irgendwo im Bereiche einer aufblühenden Stadt Bauwerke in großer Zahl und rascher Folge aus den kunstfertigen Händen der Menschen hervorgehen, so heißt es, die Häuser seien mit staunenswerter Schnelligkeit aus dem Boden emporgewachsen, und umgekehrt wird von den Botanikern mit Vorliebe das Wachstum der Pflanzen mit dem Entstehen menschlicher Behausungen verglichen. Auch in diesem Buche wurde der zuletzt genannte Vergleich gelegentlich schon gemacht, und obschon die Gefahr der Wiederholung naheliegt, kann ich doch nicht umhin, an dieser Stelle, wo der Aufbau der Pflanzen besprochen werden soll, nochmals an denselben anzuknüpfen.

Wie bei der Errichtung menschlicher Behausungen, handelt es sich bei der Herstellung pflanzlicher Gebäude um eine Heimstätte für lebendige Wesen, um Sicherung dieser Heimstätte gegen die Unbilden der Witterung und andre Fährlichkeiten, welche die Existenz der Inwohner vernichten könnten, zugleich aber auch um die Möglichkeit, daß die Lebewesen in der gegründeten Ansiedelung Nahrung von außen aufnehmen, atmen, die Nährstoffe verarbeiten und sich weiterbilden können. Wo sehr zahlreiche Protoplasten in geselligem Verbande in einem Pflanzenstocke hausen, und wo dem entsprechend eine Teilung der Arbeit stattgefunden hat, gliedert sich der ganze Bau naturgemäß in Räume, wo an Luft und Licht kein Mangel ist, in Vorrichtungen zur Ventilation, in Gas- und Wasserleitungen und in Kammern zur Aufspeicherung von Nahrung, endlich handelt es sich um verschiedene Verbindungen im Innern und Schutzwehren nach außen, um die Sicherung der Festigkeit im Bereiche des ganzen Baues, um ein widerstandsfähiges Grundgerüst und um die nötigen Stützen für die einzelnen Teile. Jeder Teil nimmt die seiner Aufgabe entsprechende Lage ein, die lichtbedürftigen Teile sind den Sonnenstrahlen ausgesetzt, die Gas- und Wasserleitungen beginnen und endigen, wie es für die gegebenen Verhältnisse am vorteilhaftesten ist, und die Pfeiler und Tragbalken erscheinen dort angebracht, wo etwas zu stützen, zu tragen und vor dem Zusammenbrechen zu sichern ist.

Solche Gebilde machen so wie die aus Menschenhand hervorgegangenen Gebäude den Eindruck der Zweckmäßigkeit, ja sie übertreffen diese häufig in anbetracht der zweckmäßigen Einteilung. Leider kann man ja den Bauten der Menschen nicht immer nachrühmen, daß sie mit Rücksicht auf die gegebenen äußern Verhältnisse vollkommen zweckentsprechend ausgeführt wurden, während kein Pflanzenstock lebt und sich erhält, der nicht den gegebenen Lebensbedingungen in der vorteilhaftesten Weise angepaßt wäre. Das Merkwürdigste dabei ist, daß die Anpassung bei den Pflanzen nicht unmittelbar durch die äußern Einflüsse veranlaßt ist, daß vielmehr die einzelnen Teile schon in ihrer ersten Anlage und ihrem allerersten Entwickelungsstadium, also zu einer Zeit, in welcher von einem maßgebenden Einflusse der außerhalb der Pflanze thätigen Kräfte auf die Gestalt noch keine Rede sein kann, die geeignetste Form und Stellung erhalten. Eine solche Anpassung setzt aber ein Gestaltungsgesetz oder, mit andern Worten, einen Bauplan voraus, einen Plan über die der künftigen Arbeitsteilung am besten entsprechende Raumeinteilung, einen Plan über die

vorteilhaftesten Konstruktionen des ganzen Gerüstes, die passendsten Anlagen der Leitungen und Ventilationen und noch vieles andre, was der Pflanze in der Zukunft frommen wird.

Einmal zu dieser Voraussetzung gedrängt, sind wir freilich auch genötigt, die Frage aufzuwerfen, ob es angeht, bei den Pflanzen von einem Bauplane zu sprechen? In dem Sinne, wie man von dem Bauplane einer menschlichen Behausung spricht, gewiß nicht. Die Pflanze baut sich nicht infolge eines von ihr vorausbedachten Planes auf, sondern ihre Teile erhalten die bestimmte Gestalt, wie nach einem vorgeschriebenen Gesetze, aus innerer Notwendigkeit, ähnlich dem Kristalle, dessen Form bedingt und begründet ist in der chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeit, aus welcher er herauswächst. So gut aber von dem Grundrisse und Aufrisse, von der symmetrischen Anlage, ja von dem Bauplane des Kristalles gesprochen werden kann, ebenso ist es gestattet, auch von dem Bauplane oder, wenn man es lieber hört, von dem Gestaltungsgesetze der wachsenden Pflanze zu reden. Der Bauplan ist eben für jede Pflanze gegeben und vorgezeichnet durch ihre spezifische Konstitution, und insofern hat jede Art ihren eignen, von äußern Einflüssen ganz unabhängigen Bauplan, dem sie so lange folgt, ja folgen muß, als die Konstitution nicht geändert wird.

Unter spezifischer Konstitution aber verstehen wir nicht nur die chemische Zusammensetzung, die bestimmte Zahl von Atomen und die eigentümliche Vereinigung derselben zu Molekülen, sondern auch den Verband von Molekülen zu bestimmten Gruppen höherer Ordnung, welcher im Pflanzenkörper ebenso geregelt sein muß wie im Körper des Kristalles. Und zwar müssen wir annehmen, daß diese Verbindung der Moleküle für jede Pflanzenart eine eigentümliche ist, ja noch mehr, daß sich die Substanz, welche beim Wachstume den schon vorhandenen Molekülgruppen beigesellt wird, immer wieder den daselbst herrschenden Symmetriegesetzen unterordnet, daß also diese Gruppierung nicht nur eine spezifische, sondern auch eine gleichbleibende, eine beständige ist.

Wenn wir hier den Aufbau der Kristalle zum Vergleiche herbeiziehen, so soll damit nicht gesagt sein, daß die in Rede stehenden Vorgänge hier und dort ganz dieselben sind. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß eine tiefgreifende Verschiedenheit in betreff des Aufbaues von Kristallkörpern und Pflanzenkörpern besteht, daß gerade diese Verschiedenheit mit dem Unterschiede zwischen unbelebten und belebten Gebilden zusammenhängt, und daß insbesondere die organisierten Teile der Pflanze durch den ihnen eigentümlichen Bau zu jenen Bewegungen, die uns als Leben erscheinen, geeignet sind.

Die durch die Kristallisation und das Wachstum der Kristalle vereinigten Moleküle lassen keine weitere Einschiebung gestaltungsfähiger Substanz, keine Umlagerung und Umgestaltung, keine Verknüpfung und Verschlingung neuer Moleküle mit den schon vorhandenen zu, wie die Moleküle lebender organisierter Körper. Wenn die Moleküle des Wassers in einen Salzkristall eindringen, die Salzmoleküle auseinander drängen und abspalten, so ist das der Zerfall, die Auflösung des Kristalles und nicht eine weitere Entwickelung desselben. Der Kristall zeigt auch bei seiner Bildung niemals jene Verschiebungen und Bewegungen der kleinsten Bausteine, welche die lebenden, organisierten Teile der Pflanze charakterisieren und welche als Erscheinungen des Lebens gelten. Kristalle können daher auch nicht als organisierte Körper aufgefaßt werden; sie sind an den Erscheinungen des Lebens nicht direkt beteiligt, bilden kein geeignetes Angriffsobjekt für jene spezifische Naturkraft, welche wir Lebenskraft nennen, sie sind und werden auch niemals lebendig, ebensowenig als sie dem Tode verfallen.

Die Analogie zwischen dem Aufbaue der Kristallkörper und Pflanzenkörper besteht nur darin, daß in dem einen wie in dem andern Falle die Gruppierung der Moleküle nicht regellos vor sich gehen kann, sondern jedesmal bestimmten Symmetriegesetzen folgen muß,

und daß die äußerlich sichtbare Form des fertigen Bauwerkes im Kristalle wie in der Pflanze das Ergebnis und zugleich der Ausdruck der besondern eigenartigen Gruppierung der Moleküle und der aus ihnen hervorgegangenen Gruppen, der sogenannten Micellen, ist.

Wer sich mit diesen Fragen des Aufbaues beschäftigt, fühlt schließlich auch das Bedürfnis, sich eine Vorstellung von der Gestalt der Molekülgruppen oder Micellen, von der Form dieser Bausteine des Pflanzenkörpers zu machen. Die diesfalls aufgestellten Hypothesen gehen ziemlich weit auseinander, was niemand überraschen wird, der bedenkt, daß die Anhaltspunkte aus den thatsächlichen Beobachtungen nur sehr spärlich fließen, daß zudem die Thatsachen sehr verschieden gedeutet werden können, und daß somit der Kombinationsgabe und der Phantasie der einzelnen Forscher ein sehr weiter Spielraum gegeben ist.

Vor nicht langer Zeit hatte die Vorstellung einer kristallinischen Form der Micellen fast allgemeinen Eingang gefunden. Man hatte an vielen Zellhäuten, besonders schön an jenen gewisser Desmidiaceen, sehr regelmäßige Streifensysteme gesehen, welche nach drei Richtungen des Raumes verlaufen und lebhaft an die mit den Spaltungsflächen zusammenhängenden Streifen gewisser Kristalle (z. B. des Kalkspates) erinnern. Da diese sowie überhaupt alle Zellhäute im Polarisationsmikroskope das dunkle Gesichtsfeld aufhellen, also doppeltbrechend erscheinen, so glaubte man sich zu der Annahme berechtigt, daß die Zellhäute und auch andre organisierte Substanzen aus kristallinischen doppeltbrechenden Micellen bestehen, die lose, aber in bestimmter regelmäßiger Anordnung nebeneinander liegen, und man stellte sich vor, daß jedes Micell im befeuchteten Zustande mit einer Hülle von Wasser umgeben sei, während sich diese kristallinischen Micellen im trocknen Zustande gegenseitig berühren sollten. Spätere Untersuchungen haben aber ergeben, daß die Doppelbrechung durch Druck und Zug auch an Substanzen hervorgerufen werden kann, welche diese Eigenschaft sonst nicht zeigen, und daß das erwähnte Verhalten im Polarisationsmikroskope für die kristallinische Gestalt der Micellen durchaus nicht beweisend sei. Die Streifung aber ist bedingt durch ungleiche chemische Beschaffenheit und ungleichen Wasserreichtum aufeinander folgender Schichten von Molekülgruppen und kann ebensogut zu stande kommen, wenn die Molekülgruppen keine kristallinische Gestalt besitzen. Auch die Ergebnisse, welche durch die sogenannte Karbonisierung oder Zerstäubung der Zellwände gewonnen wurden, sprechen gegen die Annahme kristallähnlicher Micellen. Infolge der Behandlung mit Schwefelsäure, Erwärmung auf 60—70° und nachheriger Einwirkung von Salzsäure zerfällt nämlich die Zellhaut in außerordentlich kleine, parallel gestreifte und vielfach durchklüftete Fragmente, welche sich wieder in kurze, sehr feine Fäserchen gliedern, und diese Fäserchen zerfallen durch Druck in Körnchen, die einer homogenen gelatinösen Grundmasse eingebettet sind. Eine bestimmte geometrische kristallinische Form dieser Grundmasse ist nicht nachweisbar; auch die Körnchen sind nicht von ebenen Flächen und geradlinigen Kanten begrenzt und haben keine Ähnlichkeit mit den kleinsten sichtbaren Teilchen der Kristalle. Es ergeben vielmehr alle durch das Zerstäubungsverfahren gewonnenen Beobachtungen, daß die Körnchen zu Fäserchen oder zu Schichten oder auch zu beiden gruppiert sind, daß als Bindemittel derselben ungemein zarte Protoplasmastränge vorhanden sind, und daß der Zellhaut eine netzförmige Struktur zukommt. Wenn diese Körnchen und Fäserchen auch noch nicht die Micellen selbst, sondern immer noch Gruppierungen höherer Ordnung sind, so spricht doch deren Form auf keinen Fall für kristallinische Micellformen. Viel eher würde die Vorstellung berechtigt sein, daß die Micellen eine netzförmige Gestalt besitzen. Wenn nämlich dieselbe Regel, welche bei der Gruppierung der Moleküle zu Micellen maßgebend ist, auch bei der Vereinigung der Micellen zu Gruppen höherer Ordnung und schließlich zu Körpern, welche für unsre Sinne in ihren Umrissen schon erkennbar sind, eingehalten wäre, so könnte man daran denken, aus der Gestalt der kleinsten noch sichtbaren Teile der Pflanze auf die Gestalt

vorteilhaftesten Konstruktionen des ganzen Gerüstes, die passendsten Anlagen der Leitungen und Ventilationen und noch vieles andre, was der Pflanze in der Zukunft frommen wird.

Einmal zu dieser Voraussetzung gedrängt, sind wir freilich auch genötigt, die Frage aufzuwerfen, ob es angeht, bei den Pflanzen von einem Bauplane zu sprechen? In dem Sinne, wie man von dem Bauplane einer menschlichen Behausung spricht, gewiß nicht. Die Pflanze baut sich nicht infolge eines von ihr vorausbedachten Planes auf, sondern ihre Teile erhalten die bestimmte Gestalt, wie nach einem vorgeschriebenen Gesetze, aus innerer Notwendigkeit, ähnlich dem Kristalle, dessen Form bedingt und begründet ist in der chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeit, aus welcher er herauswächst. So gut aber von dem Grundrisse und Aufrisse, von der symmetrischen Anlage, ja von dem Bauplane des Kristalles gesprochen werden kann, ebenso ist es gestattet, auch von dem Bauplane oder, wenn man es lieber hört, von dem Gestaltungsgesetze der wachsenden Pflanze zu reden. Der Bauplan ist eben für jede Pflanze gegeben und vorgezeichnet durch ihre spezifische Konstitution, und insofern hat jede Art ihren eignen, von äußern Einflüssen ganz unabhängigen Bauplan, dem sie so lange folgt, ja folgen muß, als die Konstitution nicht geändert wird.

Unter spezifischer Konstitution aber verstehen wir nicht nur die chemische Zusammensetzung, die bestimmte Zahl von Atomen und die eigentümliche Vereinigung derselben zu Molekülen, sondern auch den Verband von Molekülen zu bestimmten Gruppen höherer Ordnung, welcher im Pflanzenkörper ebenso geregelt sein muß wie im Körper des Kristalles. Und zwar müssen wir annehmen, daß diese Verbindung der Moleküle für jede Pflanzenart eine eigentümliche ist, ja noch mehr, daß sich die Substanz, welche beim Wachstume den schon vorhandenen Molekülgruppen beigesellt wird, immer wieder den daselbst herrschenden Symmetriegesetzen unterordnet, daß also diese Gruppierung nicht nur eine spezifische, sondern auch eine gleichbleibende, eine beständige ist.

Wenn wir hier den Aufbau der Kristalle zum Vergleiche herbeiziehen, so soll damit nicht gesagt sein, daß die in Rede stehenden Vorgänge hier und dort ganz dieselben sind. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß eine tiefgreifende Verschiedenheit in betreff des Aufbaues von Kristallkörpern und Pflanzenkörpern besteht, daß gerade diese Verschiedenheit mit dem Unterschiede zwischen unbelebten und belebten Gebilden zusammenhängt, und daß insbesondere die organisierten Teile der Pflanze durch den ihnen eigentümlichen Bau zu jenen Bewegungen, die uns als Leben erscheinen, geeignet sind.

Die durch die Kristallisation und das Wachstum der Kristalle vereinigten Moleküle lassen keine weitere Einschiebung gestaltungsfähiger Substanz, keine Umlagerung und Umgestaltung, keine Verknüpfung und Verschlingung neuer Moleküle mit den schon vorhandenen zu, wie die Moleküle lebender organisierter Körper. Wenn die Moleküle des Wassers in einen Salzkristall eindringen, die Salzmoleküle auseinander drängen und abspalten, so ist das der Zerfall, die Auflösung des Kristalles und nicht eine weitere Entwickelung desselben. Der Kristall zeigt auch bei seiner Bildung niemals jene Verschiebungen und Bewegungen der kleinsten Bausteine, welche die lebenden, organisierten Teile der Pflanze charakterisieren und welche als Erscheinungen des Lebens gelten. Kristalle können daher auch nicht als organisierte Körper aufgefaßt werden; sie sind an den Erscheinungen des Lebens nicht direkt beteiligt, bilden kein geeignetes Angriffsobjekt für jene spezifische Naturkraft, welche wir Lebenskraft nennen, sie sind und werden auch niemals lebendig, ebensowenig als sie dem Tode verfallen.

Die Analogie zwischen dem Aufbaue der Kristallkörper und Pflanzenkörper besteht nur darin, daß in dem einen wie in dem andern Falle die Gruppierung der Moleküle nicht regellos vor sich gehen kann, sondern jedesmal bestimmten Symmetriegesetzen folgen muß,

und daß die äußerlich sichtbare Form des fertigen Bauwerkes im Kristalle wie in der Pflanze das Ergebnis und zugleich der Ausdruck der besondern eigenartigen Gruppierung der Moleküle und der aus ihnen hervorgegangenen Gruppen, der sogenannten Micellen, ist.

Wer sich mit diesen Fragen des Aufbaues beschäftigt, fühlt schließlich auch das Bedürfnis, sich eine Vorstellung von der Gestalt der Molekülgruppen oder Micellen, von der Form dieser Bausteine des Pflanzenkörpers zu machen. Die diesfalls aufgestellten Hypothesen gehen ziemlich weit auseinander, was niemand überraschen wird, der bedenkt, daß die Anhaltspunkte aus den thatsächlichen Beobachtungen nur sehr spärlich fließen, daß zudem die Thatsachen sehr verschieden gedeutet werden können, und daß somit der Kombinationsgabe und der Phantasie der einzelnen Forscher ein sehr weiter Spielraum gegeben ist.

Vor nicht langer Zeit hatte die Vorstellung einer kristallinischen Form der Micellen fast allgemeinen Eingang gefunden. Man hatte an vielen Zellhäuten, besonders schön an jenen gewisser Desmidiaceen, sehr regelmäßige Streifensysteme gesehen, welche nach drei Richtungen des Raumes verlaufen und lebhaft an die mit den Spaltungsflächen zusammenhängenden Streifen gewisser Kristalle (z. B. des Kalkspates) erinnern. Da diese sowie überhaupt alle Zellhäute im Polarisationsmikroskope das dunkle Gesichtsfeld aufhellen, also doppeltbrechend erscheinen, so glaubte man sich zu der Annahme berechtigt, daß die Zellhäute und auch andre organisierte Substanzen aus kristallinischen doppeltbrechenden Micellen bestehen, die lose, aber in bestimmter regelmäßiger Anordnung nebeneinander liegen, und man stellte sich vor, daß jedes Micell im befeuchteten Zustande mit einer Hülle von Wasser umgeben sei, während sich diese kristallinischen Micellen im trocknen Zustande gegenseitig berühren sollten. Spätere Untersuchungen haben aber ergeben, daß die Doppelbrechung durch Druck und Zug auch an Substanzen hervorgerufen werden kann, welche diese Eigenschaft sonst nicht zeigen, und daß das erwähnte Verhalten im Polarisationsmikroskope für die kristallinische Gestalt der Micellen durchaus nicht beweisend sei. Die Streifung aber ist bedingt durch ungleiche chemische Beschaffenheit und ungleichen Wasserreichtum aufeinander folgender Schichten von Molekülgruppen und kann ebensogut zu stande kommen, wenn die Molekülgruppen keine kristallinische Gestalt besitzen. Auch die Ergebnisse, welche durch die sogenannte Karbonisierung oder Zerstäubung der Zellwände gewonnen wurden, sprechen gegen die Annahme kristallähnlicher Micellen. Infolge der Behandlung mit Schwefelsäure, Erwärmung auf 60—70° und nachheriger Einwirkung von Salzsäure zerfällt nämlich die Zellhaut in außerordentlich kleine, parallel gestreifte und vielfach durchklüftete Fragmente, welche sich wieder in kurze, sehr feine Fäserchen gliedern, und diese Fäserchen zerfallen durch Druck in Körnchen, die einer homogenen gelatinösen Grundmasse eingebettet sind. Eine bestimmte geometrische kristallinische Form dieser Grundmasse ist nicht nachweisbar; auch die Körnchen sind nicht von ebenen Flächen und geradlinigen Kanten begrenzt und haben keine Ähnlichkeit mit den kleinsten sichtbaren Teilchen der Kristalle. Es ergeben vielmehr alle durch das Zerstäubungsverfahren gewonnenen Beobachtungen, daß die Körnchen zu Fäserchen oder zu Schichten oder auch zu beiden gruppiert sind, daß als Bindemittel derselben ungemein zarte Protoplasmastränge vorhanden sind, und daß der Zellhaut eine netzförmige Struktur zukommt. Wenn diese Körnchen und Fäserchen auch noch nicht die Micellen selbst, sondern immer noch Gruppierungen höherer Ordnung sind, so spricht doch deren Form auf keinen Fall für kristallinische Micellformen. Viel eher würde die Vorstellung berechtigt sein, daß die Micellen eine netzförmige Gestalt besitzen. Wenn nämlich dieselbe Regel, welche bei der Gruppierung der Moleküle zu Micellen maßgebend ist, auch bei der Vereinigung der Micellen zu Gruppen höherer Ordnung und schließlich zu Körpern, welche für unsre Sinne in ihren Umrissen schon erkennbar sind, eingehalten wäre, so könnte man daran denken, aus der Gestalt der kleinsten noch sichtbaren Teile der Pflanze auf die Gestalt

der Micellen, ja selbst auf die Gestalt der Moleküle zurückzuschließen, und unter dieser Voraussetzung würde man zur Vorstellung netzförmiger Micellen und netzförmiger Moleküle in den organisierten Pflanzenteilen kommen. Es ist jedenfalls sehr beachtenswert, daß nachgerade alle Untersuchungen über die Form der kleinsten noch sichtbaren Zusammensetzungsstücke des Protoplasmas auf eine netzförmige Struktur hinweisen. In der trocknen Umhüllung der sogenannten Äthalien der Schleimpilze, welche gar keinen Zellstoff enthält, sondern aus Protoplasma (mit eingelagerten Kristallen aus oxalsaurem Kalke) besteht, so beispielsweise an dem Äthalium von **Leocarpus fragilis**, sieht man, daß die ganze papierartige Haut aus gewundenen, nach allen Richtungen des Raumes sich erstreckenden und netzförmig miteinander verbundenen Fasern besteht, und daß die Maschen dieses Netzes mit einer stark lichtbrechenden Substanz ausgefüllt sind.

Auch in der hyalinen Hautschicht der in selbstgeschaffenen Zellkammern hausenden lebenden Protoplasten hat man sehr feine nebeneinander liegende Fasern beobachtet, und wenn man solche Protoplasten mit Alkohol versetzt und tötet, kann man durch Zusatz von Farbstoffen ermitteln, daß der ganze Zellenleib aus sehr feinen Fasern gebildet ist, welche sich netzförmig verbinden, und daß die Maschen dieses Fasernetzes von einer flüssigen Substanz erfüllt sind. In den Fasern aber sieht man reihenweise geordnete Körnchen, die man Mikrosomen genannt hat (s. S. 31).

Dieselbe Struktur scheint überhaupt der ganze protoplasmatische Zellenleib, inbegriffen den Zellkern, zu besitzen; denn bei den Vorgängen, die zur Teilung des Zellenleibes führen, sieht man in diesem immer wieder Körnchen, Stäbchen, kürzere und längere, gerade und gebogene, schleifenförmige, schlangenförmig gewundene, zu Knäueln verschlungene und durch Anastomosen zu Netzen verbundene Fäden, welche die wundersamsten auf den nächsten Blättern zu schildernden Verschiebungen erfahren.

Alle diese Beobachtungen stehen mit der Annahme netzförmiger Micellen wenigstens nicht im Widerspruche, und da auch die Vorstellung von Molekülen, welche sich aus netzförmig gruppierten Atomen aufgebaut haben, von den Chemikern nicht abgelehnt wird, so würde obige Hypothese auch von dieser Seite eine Stütze finden. Freilich basiert sich die Hypothese von der netzförmigen Form der Micellen auf eine Voraussetzung, deren Richtigkeit manchem Zweifel unterliegt. Es ist nämlich fraglich, ob bei allen diesen Gruppierungen und Verbindungen immer auch die gleiche Regel eingehalten wird. So wie sich spießige Kristalle manchmal zu sphärischen Drusen vereinigen, welche in ihrem Baue andern Symmetriegesetzen folgen als die Moleküle, aus welchen die einzelnen Kristalle aufgebaut sind, so ist es immerhin möglich, daß auch die Vereinigung der Micellen zu sichtbaren Körpern nach andern Regeln erfolgt als die Vereinigung der Moleküle zu Micellen.

Dieses bei Mineralien vorkommende Umspringen in den Symmetrieverhältnissen regt den Gedanken an, daß möglicherweise auch die Kugelform in den Micellen realisiert sein könnte, also der höchste Grad der Symmetrie, welche in einem Körper überhaupt denkbar ist. Irgend eine Symmetrie muß ja unter allen Umständen zur Geltung kommen, und wenn es ausgeschlossen ist, daß die Micellen eine kristallähnliche Gestalt besitzen, so ist es dann das Nächste, an netzförmige und kugelige Micellen zu denken.

Wenn unsre Wißbegierde durch derlei Hypothesen auch nur wenig Befriedigung findet, so sind sie deswegen nicht geringschätzig zu behandeln. Der feinste Bau jener Substanz, deren Bewegungen unsrer sinnlichen Wahrnehmung als Leben erscheinen, hat zu viel des Fesselnden, als daß wir es unterlassen dürften, denselben in den Kreis unsrer Betrachtungen über das Pflanzenleben zu ziehen, und dem Bedürfnis, sich von allen diesen Dingen ein anschauliches Bild zu entwerfen, entspricht es jedenfalls besser, sich die Molekülgruppen als Netze und sphärische Gruppen vorzustellen, als sich gar nichts vorzustellen.

Es darf hier nicht unbeachtet bleiben, daß innerhalb der organisierten Teile der Pflanze, welchen eine kristallinische Form der Micellen abgesprochen werden muß, sich wirkliche Kristalle bilden können. Eingelagert in die Netze, aus welchen die Haut der Schleimpilze aufgebaut ist, finden sich sehr regelmäßig Kristalldrusen aus oxalsaurem Kalke (s. Abbildung, S. 426, Fig. 4). Auch in der Zellhaut mancher Blütenpflanzen (Nopale, Nyktagineen, Kommelinaceen ꝛc.) sind solche Kristalldrusen eingeschaltet. Der in den Zellhäuten der Lithothamnien ausgeschiedene kohlensaure Kalk ist gleichfalls kristallinisch. In andern Fällen sind diese Ausscheidungen und Einlagerungen aus Kalk sowie auch jene aus Kieselsäure nicht kristallinisch, sondern amorph, was wörtlich gestaltlos bedeutet. Man darf sich aber durch diesen Ausdruck nicht irre führen lassen. Ohne bestimmte durch Symmetrieverhältnisse geregelte Gestalt sind auch diese Substanzen nicht denkbar; sie sind nur nicht nach den Symmetriegesetzen der Kristalle aufgebaut, und das Wort amorph sollte daher hier in nichtkristallinisch übersetzt werden. Auf Hypothesen über die Gestalt der Moleküle und Molekülgruppen des amorphen Kalkes und der amorphen Kieselsäure einzugehen, liegt nicht im Plane dieser Zeilen; nur so viel muß hier in betreff dieser Einlagerungen noch gesagt werden, daß sie nicht als organisierte Körper angesehen werden dürfen.

Es ist hier am Platze, auch noch der Untersuchungen über die **Größe der Moleküle** zu gedenken. Zu diesen Untersuchungen, zumal zur Ermittelung der Größe der Luftmoleküle, boten sich sehr verschiedene physikalische Thatsachen als Anhaltspunkte dar, so namentlich die Kondensationskoeffizienten, die Abweichungen vom Mariotteschen Gesetze, die Veränderlichkeit der Ausdehnungskoeffizienten, die Verdampfungswärme und endlich die Dielektrizitätskonstanten. Die Ergebnisse gehen ziemlich weit auseinander. Es weichen z. B. die auf verschiedenen Wegen für ein bestimmtes Gas sich ergebenden Werte ihrer Größe nach weit mehr voneinander ab als jene, welche nach einer und derselben Methode für verschiedene Gase gefunden wurden. Darin aber stimmen alle Berechnungen überein, daß **die Durchmesser der als Kugeln gedachten Luftmoleküle zwischen dem hunderttausendsten und millionten Teile eines Millimeters gelegen seien**, und daß diese Grenzen selbst in den extremsten Fällen weder nach oben noch unten zu bedeutend überschritten werden können. Ein Kubikmillimeter Luft würde demnach ungefähr 866 Billionen Moleküle enthalten, und wäre die Luft zur Flüssigkeit kondensiert, so würde diese Anzahl zur Trillion aufsteigen.

Zu den kleinsten gemessenen Größen gehört die Länge der Lichtwellen. Setzt man den Durchmesser eines Moleküles in runder Zahl gleich dem millionten Teile eines Millimeters, so ist das noch immer 700mal kleiner als die Wellenlänge des roten Lichtes, und es verhält sich der Durchmesser eines Moleküles zu einem Millimeter ungefähr so wie ein Millimeter zu einer Wegstrecke von zwei Kilometern. Ein Raumgebilde von diesen Dimensionen entzieht sich unsrer sinnlichen Wahrnehmung, und selbst die besten Vergrößerungsapparate vermögen uns dieselben nicht aufzuschließen, wie aus folgenden Betrachtungen hervorgeht. Man hat Goldhäutchen dargestellt, deren Dicke nur den hundertsten Teil der Wellenlänge des Lichtes beträgt, und welche demnach nur noch 3—5 Goldmoleküle übereinander geschichtet enthalten. Diese Goldhäutchen waren mit weißem Lichte durchscheinend, was wohl als Beweis angesehen werden kann, daß bereits Lichtstrahlen durch die Räume zwischen den Molekülen durchgingen. Demungeachtet erschienen solche Goldhäutchen unter den besten Mikroskopen als eine kontinuierliche Masse, und es ist nicht möglich, die sie aufbauenden einzelnen Moleküle zu erkennen. Im besten Falle vermögen unsre Mikroskope Raumgebilde sichtbar zu machen, welche etwa zwei Millionen Moleküle umfassen. Da jeder sichere Anhaltspunkt fehlt, um ermessen zu können, wie groß die Zahl der Moleküle ist, aus welchen sich die Micellen aufbauen, und in welcher Art sich hierbei die Moleküle gruppieren,

so wäre es auch gewagt, sich über die Größe der Micellen in Vermutungen zu ergehen. Es kann zwar die Möglichkeit, Micellen, namentlich jene der eiweißartigen Körper, deren Moleküle aus so zahlreichen Atomen zusammengesetzt sind (s. S. 425), mit dem Mikroskope in ihren Umrissen und ihren Formen wahrzunehmen, nicht gänzlich ausgeschlossen werden, zumal in Berücksichtigung des Umstandes, daß unsre Mikroskope noch mancher Verbesserung fähig sind; die Wahrscheinlichkeit aber ist nur sehr gering, und wie die Sachen jetzt liegen, würden alle einschlägigen Erörterungen einem Gebäude gleichen, in welchem eine unsichere Hypothese die Grundlage für eine zweite noch mehr schwankende Hypothese abzugeben hat.

Sichtbare Bauthätigkeit im Protoplasma.

Wenn es auch zufolge der vorhergehenden Erörterungen nicht wahrscheinlich ist, daß es jemals gelingen wird, die Micellen, aus welchen die organisierten lebendigen Teile der Pflanzen aufgebaut sind, zu sehen, und wenn die Bestrebungen, ein Bild von diesen für unsre Sinne noch nicht wahrnehmbaren winzigen Bausteinen zu entwerfen, nur auf Vermutungen und Hypothesen angewiesen sind, so können wir doch die Massenwirkung derselben: die bauende und gestaltende Thätigkeit der Protoplasten, mit unsern Augen verfolgen.

Am leichtesten ist diese gestaltende Thätigkeit an den verhältnismäßig großen Protoplasmakörpern der Schleimpilze zu beobachten, insbesondere bei dem Aufbaue jener Entwickelungsstufe, welche man Äthalium genannt hat, und es sollen daher zunächst einige der auffallendsten dieser Vorgänge in gedrängtester Kürze geschildert werden.

Eine mit Vorliebe auf der Rinde abgefallener dürrer Kiefernzweige vorkommende Art, nämlich Leocarpus fragilis, bildet ausgewachsen eine schmierige gelbe Masse, welche dem zerflossenen Dotter eines Hühnereies täuschend ähnlich sieht. Diese Masse überzieht die abgestorbenen, auf dem Boden liegenden Zweige der genannten Nadelhölzer als eine dünne Schicht, an welcher besondere Hervorragungen nicht zu erkennen sind. Noch am späten Abend kann man den Leocarpus in der angegebenen Gestalt als sogenanntes Plasmodium sehen. Im Laufe der Nacht erheben sich aber an bestimmten Stellen Buckel und Warzen, und die ganze Masse sieht dann wie grob gekörnt aus, gegen Morgen sind aus diesen Erhabenheiten verkehrt-eiförmige, an dünnen Stielen aufsitzende birnenförmige Körper geworden, die nun nicht mehr schmierig sind, sondern eine dünne trockne Haut zeigen und im Innern in zahlreiche haarförmige Fäden und dazwischenliegende staubartige schwarze Sporen sich umgewandelt haben. Zu dem Aufbaue derselben braucht der Leocarpus ungefähr zwölf Stunden, und hat man die Geduld, die ganze Nacht hindurch die sich formende Masse zu beobachten, so kann man thatsächlich sehen, wie sie sich von der Unterlage erhebt, abrundet, eine Haut bekommt und die birnenförmige Gestalt annimmt. Ähnlich wie Leocarpus entwickelt auch Dictydium umbilicatum seine Äthalien. Die lichtbraune zerflossene, unregelmäßige Protoplasmamasse erhebt sich zu einem runden Strange, welcher an seinem obern Ende sich keulenförmig verdickt und dann in ein zierliches Netzwerk auflöst, das im Umrisse die Gestalt einer Kugel besitzt. Zwischen den Maschen dieses Netzwerkes sondert sich das Protoplasma in schwarze staubförmige Sporen, welche dem leichtesten Lufthauche zur Beute werden. Das schleimige Protoplasma der Stemonitis fusca dagegen erhebt sich in Gestalt zahlreicher dicht gedrängter, beiläufig 1½ cm langer Stränge. Jeder einzelne Strang gliedert sich in einen untern stielartigen Teil und in einen obern dicken cylindrischen Körper. Dieser ist zunächst noch von schleimiger Konsistenz, wird aber alsbald trocken und sondert sich in eine mittlere Spindel, von welcher allseitig eine Unzahl feiner und feinster netzförmig miteinander verbundener Fäden ausgeht, dann in Tausende staubförmiger Sporen

und an der Peripherie in eine sehr zarte Haut, die später zerbricht und die Sporen ausfallen läßt. Diese ganze Gestaltung des Protoplasmas, mit der auch eine Farbenwandlung aus Weiß in Braunviolett verbunden ist, vollzieht sich unter den Augen des Beobachters im Verlaufe von ungefähr zehn Stunden. Von dem Protoplasma der Stemonitis fusca ist jenes des Chondrioderma difforme kaum zu unterscheiden. Und dennoch, wie ganz anders ist die Gestalt, welche dasselbe als Äthalium annimmt. Zunächst zieht es sich zu einem rundlichen Ballen zusammen, und in diesem sondert sich eine umhüllende Haut aus unzähligen einfachen feinen Fäden und eine große Menge dunkler Sporen, welche den von der Haut umschlossenen Raum ausfüllen. Bald darauf zerreißt die Haut an dem freien Scheitel des ballenförmigen Körpers in sternförmig abstehende Lappen, und die dunkeln Sporen können nun aus der geöffneten Blase ausstäuben.

Wesentlich anders gestaltet sich das Protoplasma von Didymium, wieder anders jenes von Clatroptychium 2c. Es müßten hier eigentlich die Gestalten aller Schleimpilze beschrieben werden, wenn es sich darum handeln würde, die Mannigfaltigkeit der Gestalt, welche das Protoplasma dieser Pflanzengruppe annimmt, zu erschöpfen. Zur Feststellung der Thatsache, daß sich in kurzer Zeit scheinbar ganz gleiches Protoplasma in einer für jede Spezies bestimmten Weise ausgestaltet, genügen wohl die obigen Beispiele. Es ist nur noch zu bemerken, daß die Gestalt, welche die spezifisch verschiedenen Protoplasmen annehmen, von den äußern Verhältnissen ganz unabhängig ist, und daß sich in derselben Nacht knapp nebeneinander bei gleicher Feuchtigkeit und gleicher Temperatur der Luft unter demselben Glassturze der birnenförmige Leocarpus und die cylindrischen Stränge der Stemonitis ausbilden.

Die Haut, welche die Äthalien der Schleimpilze von der Umgebung abgrenzt, enthält keinen Zellstoff eingelagert, und es besteht bei diesen Gewächsen in betreff der Substanz überhaupt kein Unterschied zwischen Haut und Zellenleib. Das Protoplasma der andern Pflanzen versieht sich dagegen immer früher oder später mit einer Haut, in welcher Zellstoff (Cellulose) nachweisbar ist. Allerdings hat dieser am Aufbaue der Zellhaut manchmal nur einen sehr geringen Anteil, und bei der Hefe sowie bei der Mehrzahl jener chlorophyllfreien Pflanzen, welche man unter den Namen Pilze zusammenfaßt, wird die Hauptmasse der Haut aus stickstoffhaltigen Verbindungen gebildet. Verschiedene Erscheinungen berechtigen zu dem Schlusse, daß durch die Ausbildung von Zellstoff in der Haut Vorteile erreicht werden, welche die aus fest gewordenen, eiweißartigen Verbindungen gebildete, brüchige Haut der Schleimpilze nicht gewährt. Das weiche Protoplasma wird durch die mit Zellstoff ausgestattete Haut gegen nachteilige äußere Einflüsse besser geschützt, und das ganze Gebilde erlangt jene Festigkeit und Tragfähigkeit, welche insbesondere für größere, aus zahlreichen Zellen zusammengesetzte Pflanzenstöcke unbedingt notwendig ist.

Man darf sich übrigens die Zellhaut nicht immer als starre Hülle, als eine den Protoplasten umschließende Kammer mit unverrückbaren Wänden denken. In vielen Fällen ist sie viel eher mit der Haut eines Tieres zu vergleichen, welche jede Gestaltänderung des Körpers mitmacht. In keinem Falle wird die Gestaltungsfähigkeit des Protoplasmas durch die umhüllende Zellhaut behindert. Manchmal nimmt die Zellhaut an den sichtbaren Gestaltungsvorgängen des von ihr umschlossenen Protoplasmas überhaupt keinen Anteil und geht gewöhnlich zu Grunde, wenn sich die Umgestaltungen in dem von ihr umhüllten und geschützten Raume vollzogen haben, in vielen andern Fällen verändert sich dagegen der Umriß und die Gestalt der Zellhaut entsprechend den Veränderungen des von ihr bekleideten Protoplasmas.

Diese Bemerkungen mußten vorausgeschickt werden, um die nachfolgend als Zerstückelung, Aussackung und Fächerung zu schildernden Gestaltungsvorgänge zum richtigen Verständnisse zu bringen.

Für die Zerstückelung, welche sich am meisten an die früher besprochene Äthalienbildung anschließt, ist als bezeichnend hervorzuheben, daß das Protoplasma sich innerhalb einer unverrückten umhüllenden Zellhaut in vollständig getrennte Stücke von gleicher oder ähnlicher Gestalt teilt und dabei keine Scheidewände ausbildet, welche sich an die umfassende Zellhaut anschließen würden. Die umschließende Zellhaut, unter deren Schutze die Veränderung des Protoplasmas erfolgt, steht später mit den gebildeten Protoplasmastücken in keiner direkten Berührung mehr. Selbst dann, wenn sie sich erhält und nicht zerreißt oder auflöst, ist sie von den gebildeten Protoplasmastücken durch neue Zellhäute, mit welchen sich diese inzwischen umgeben haben, getrennt, was bei der später zu besprechenden Fächerung niemals der Fall ist. Für jede Pflanzenart ist die Zahl, Größe und Gestalt der innerhalb eines Zellraumes durch Zerstückelung entstehenden Partikelchen eine genau bestimmte, in den verschiedenen Arten aber eine sehr verschiedene. In den Zellkammern mancher Arten entstehen mehrere Tausende winziger protoplasmatischer Partikelchen, und es bilden sich förmliche Schwärme derselben aus, in andern Arten dagegen ist die Zahl sehr beschränkt, ja manchmal zerfällt das Protoplasma nur in zwei gleichgroße Hälften. Ist die Zahl eine große, so sind die einzelnen Partikelchen außerordentlich klein und nur bei sehr starker Vergrößerung zu erkennen; ist die Zahl eine beschränkte, so erscheinen die Teilstücke auch verhältnismäßig groß. Der Gestalt nach sind diese Gebilde unendlich mannigfaltig: die einen sind kugelig, ellipsoidisch oder birnenförmig, die andern langgestreckt, spindelförmig, fädlich, spatelförmig, einige sind gerade, andre schraubig gewunden, manche sind in einen Faden ausgezogen, andre an der ganzen Oberfläche mit kurzen Wimpern, wieder andre an bestimmter Stelle mit einem Wimpernkranze oder nur mit einem langen Wimpernpaare versehen. Die Abbildung auf S. 28 führt die abweichendsten Gestalten vor Augen, ohne aber den Formenreichtum ganz zu erschöpfen. In der Mehrzahl der Fälle zeigen die kleinen Partikelchen eine lebhafte Bewegung und zwar schon innerhalb der Zellhülle, welche den sich zerstückelnden Protoplasten umschließt; früher oder später kommen sie aber zur Ruhe, wobei sie dann wieder andre Gestalt annehmen, oder aber sie verschmelzen wohl auch mit einem andern Protoplasten und veranlassen in diesem eine oft erst später ersichtlich werdende Gestaltänderung.

Mit Rücksicht auf die weitern Schicksale, welche die durch Zerstückelung gebildeten Partikelchen erfahren, lassen sich mehrere Fälle unterscheiden. In dem einen öffnet sich die Zelle, in der die Zerstückelung des Protoplasmas stattgefunden hatte, die geformten Teilstücke schlüpfen getrennt heraus und durchschwärmen die umgebende Flüssigkeit. Gewöhnlich sind sie bei der Befruchtung beteiligt und verschmelzen in einer später noch ausführlicher zu schildernden Weise mit andern Protoplasmakörpern. Wenn nicht, so umgeben sie sich mit einer Zellhaut, kommen aber nicht mehr zusammen und verwachsen niemals zu einer Zellenkolonie.

Bei dem schon auf S. 34 besprochenen Wassernetze (Hydrodyction) sondert sich das wandständige Protoplasma einer Zelle in 7000—20,000 winzige Klümpchen, welche die sogenannte wimmelnde Bewegung zeigen. Ein bestimmtes Ziel dieser Bewegungen ist zunächst nicht zu erkennen, nach kurzer Zeit aber erscheinen die Partikelchen sehr regelmäßig zu einem Netze mit sechseckigen Maschen geordnet, sie haben die Form kurzer Stäbchen angenommen, deren jedes an seinen Polen mit zwei andern zusammenstößt und sich mit ihnen durch ausgeschiedenen Zellstoff verbindet. An Stelle des protoplasmatischen Wandbeleges sieht man jetzt in der betreffenden Zelle ein kleines Wassernetz ausgebildet. Dieses wird hinterdrein, nachdem die Mutterzelle sich aufgelöst hat, frei, seine Zellen wachsen heran und vergrößern sich nach allen Richtungen, ohne aber dabei die einmal angenommene Gestalt zu verändern. An diesen Vorgang schließt sich auch jener an, welcher an Pediastrum, einer mit dem Wassernetze verwandten, sehr kleinen

Wasserpflanze, beobachtet wird. Auch hier zerstückelt sich das Protoplasma einer Zelle, die sich aus dem Verbande mit andern isoliert hat, in winzige Klümpchen, welche sich abrunden und eine Zeitlang wimmelnd hin- und herbewegen. Allmählich kommen sie zur Ruhe, nehmen eckige Gestalten an und ordnen sich, zwei konzentrische Kreise bildend, in einer Ebene. Dort, wo sie sich berühren, scheiden sie Zellstoff aus und verbinden sich durch denselben zu einer kleinen Scheibe. Diese Scheibe besteht aus ebenso vielen Zellkammern, wie sich Protoplasmaklümpchen miteinander verbunden hatten, und zeigt, von der Fläche betrachtet, fast das Ansehen einer Bienenwabe. Aus diesem Verbande kann sich nun jede Zelle von ihren Genossen wieder abscheiden, ihr Protoplasma kann neuerdings zerstückeln und überhaupt der ganze oben beschriebene Vorgang sich wiederholen.

Das Wassernetz und die Scheiben des Pediastrum bilden demnach in einzelnen Zellen aus dem zerstückten Protoplasma verjüngte Netzchen und Scheibchen aus, diese entschlüpfen als kleine Zellverbände dem Raume, in dem sie sich gestaltet haben, und es findet hier eine deutliche Trennung und Isolierung der gebildeten jungen Zellverbände statt. Bei den Glöokapsen, von welchen eine Art, nämlich Gloeocapsa sanguinea, durch die Figuren n, o auf der Tafel bei S. 22 dargestellt sind, bleiben dagegen die jungen Zellverbände vereinigt. Durch die Zerstückelung werden in jedem Zellenraume immer nur je zwei und zwei Protoplasmaklümpchen gebildet, welche sich alsbald mit einer dicken Zellhaut umgeben. Die alte Zellhülle löst sich aber nicht auf, sie zerreißt auch nicht, sie läßt den jungen Zellverband nicht ausschlüpfen, sondern sie weitet sich, und es erscheinen nun die junge und die alte Zellhaut übereinander geschichtet. Wenn sich dieser Vorgang mehrmals wiederholt, so sieht man paarweise geordnete Protoplasmaballen innerhalb eines ganzen Systemes von konzentrisch geschichteten Zellhäuten eingeschachtelt. Einen ähnlichen Vorgang wie den eben geschilderten beobachtet man in den Samenknospen der Samenpflanzen. Es wurde derselbe auch, aber nicht sehr treffend, „freie Zellbildung“ genannt.

Wesentlich verschieden von diesen Umgestaltungen ist die Aussackung. Dieselbe wird sowohl an chlorophyllführenden als chlorophylllosen Pflanzen beobachtet, ist aber im Pflanzenreiche nicht gerade häufig. Das Charakteristische liegt darin, daß sich am Umfange einer Zelle an beschränkter Stelle das Protoplasma vordrängt, wodurch eine warzen- oder knospenförmige Erhebung der Zellwand, eine förmliche Aussackung entsteht, welche anfänglich wenig auffällig ist, alsbald aber an Umfang zunimmt und nachgerade die Größe und Gestalt jenes Körpers annimmt, aus welchem sie hervorgegangen ist. Es lassen sich zwei Fälle der Aussackung unterscheiden. Entweder erhält sich zwischen der Aussackung und jenem Gebilde, aus dem sie hervorgegangen ist, eine offene Kommunikation, und es findet keine Abtrennung an der Ursprungsstelle statt, oder aber es wird durch eine Zellhaut die Ursprungsstelle der Aussackung geschlossen, es zerklüftet nachträglich diese Zellhaut, und die Aussackung löst sich von dem Zellkörper, aus dem sie entsprungen ist, ab. Für den ersten Fall bieten die Siphonaceen und zwar zunächst die auf der Tafel bei S. 22, Fig. a, abgebildete Vaucheria sehr hübsche Beispiele. Die schlauchförmigen Zellen erscheinen verzweigt, jeder Zweig stellt selbst wieder einen blind endigenden Schlauch dar, und alle diese Zweigschläuche stehen miteinander in offener Verbindung; die ganze Vaucheria ist eigentlich nur eine einzige mehrfach ausgesackte Zelle, allerdings eine Zelle, welche im Vergleiche zu den gewöhnlichen Pflanzenzellen riesig genannt werden muß. Auch die Arten der Gattung Bryopsis gestalten sich in ähnlicher Weise, nur sind dort die Aussackungen viel regelmäßiger als an Vaucheria, und die ganze, vielfach ausgebauchte und ausgesackte Zelle macht fast den Eindruck eines Mooses mit Achsen, Blättern und Rhizoiden. An der Gattung Caulerpa gliedert sich die Zelle gleichfalls in Aussackungen, welche sich zum Teile wie Wurzelfasern ausnehmen, zum andern Teile die Form von Blättern nachahmen und bei manchen Arten an kleine

Farnblätter erinnern. Einen ganz seltsamen Anblick gewähren auch die Acetabularien, welche die Gestalt von kleinen Sonnenschirmen annehmen.

Für den zweiten Fall kann die Hefe als Vorbild dienen. Die Form der einzelnen Hefezelle ist die des Ellipsoides. Wenn die Hefezelle wächst, so wird die ellipsoidische Körperform eine Zeitlang noch festgehalten, und das Ellipsoid vergrößert sich gleichmäßig nach allen Seiten. Ist aber einmal eine gewisse Größe erreicht, dann baucht sich der Protoplast an einer beschränkten Stelle aus, und es entsteht am Umfange des Ellipsoides eine warzenförmige Erhebung, anfänglich außerordentlich klein, allmählich aber an Größe zunehmend und nachgerade die Größe des Ellipsoides erreichend, aus welchem sie hervorgegangen. Wenn gesagt wird, die Zellhaut der Hefezellen stülpe oder sacke sich aus, und das Protoplasma trete sofort in die Aussackung ein, so ist das nicht der richtige Ausdruck für diesen Vorgang. Die Zellhaut ist hier nur passiv; sie erhebt sich über die Peripherie der ellipsoidischen Mutterzelle nur darum, weil sie die Haut des sich an beschränkter Stelle vordrängenden Protoplasmas ist. Es können aus einer Hefezelle nacheinander an verschiedenen Stellen zwei Aussackungen entstehen, und jede derselben kann, wenn sie einmal zu einer gewissen Größe herangewachsen ist, sich neuerdings aussacken. Auf diese Weise gestaltet sich die Hefe zu einem Gebilde, welches lebhaft an die Opuntien oder Feigenkaktusse erinnert, die auf der Tafel bei S. 302 abgebildet sind. Ist die Aussackung zu einem Ellipsoide herangewachsen, welches jenem, aus dem es entsprungen, an Größe gleichkommt, so reicht der geringste Druck hin, um die Verbindung beider zu lösen und die einzelnen Glieder der unregelmäßigen opuntienartigen Kette auseinander fallen zu machen. Auch ohne daß ein äußerer Anstoß erfolgt, trennen sich übrigens die einzelnen ellipsoidischen Zellen in der früher angegebenen Weise, wie man sehr gut bei der Bierhefe (Saccharomyces cerevisiae), die unter allen Hefearten am genauesten untersucht ist, beobachten kann.

Durch die Ausbildung einer Zellhaut als Scheidewand zwischen zwei aneinander schließende Zellen mahnt die Hefebildung an die Fächerung der Zellenräume, die nun als vierter, mit dem Wachstume verbundener Gestaltungsprozeß zu besprechen ist. Die Fächerung der Zellen vollzieht sich immer in der Weise, daß das von einer Zellhaut umschlossene Protoplasma eine Scheidewand in seinem Innern ausbildet, durch welche es sich selbst in zwei Hälften und den Zellenraum in zwei Fächer oder Kammern teilt. Bei einigen Pflanzenformen trennen sich die durch Fächerung entstandenen Nachbarzellen, indem die gebildete Scheidewand vollständig zerklüftet; in den meisten Fällen aber bleiben die Nachbarn verbunden, und es wiederholt sich dann in jeder derselben der Fächerungsprozeß, wodurch vielfach gefächerte Gebilde, beziehentlich Verbände sehr zahlreicher Zellen entstehen.

Eine Trennung des durch Fächerung entstandenen Zellenpaares durch Zerklüften der eingeschalteten Wand beobachtet man an den Desmidiaceen, jenen kleinen grünen Wasserpflanzen, von welchen auf der Tafel bei S. 22, Fig. i, k, zwei Arten abgebildet sind. Obschon die Desmidiaceen nur aus einer einzigen Zelle bestehen, ist ihre Formenmannigfaltigkeit doch außerordentlich groß. Da gibt es walzenförmige, halbmondförmige, tetraedrische, sternförmige, scheibenförmige Gestalten in unerschöpflicher Abwechselung und zwar oft auf engem Raume in buntem Durcheinander, ähnlich wie verschiedene Kräuter, welche auf einer Wiese stehen. Die Zelle jeder Art hält aber mit wunderbarer Genauigkeit ihren Bauplan fest und wächst auch immer nur bis zu einer bestimmten Größe heran. Erst wenn diese Größe erreicht ist, und nachdem sich die Zelle eine Zeitlang in ihren äußern Umrissen unverändert erhalten hat, beginnt eine auffallende Umgestaltung Platz zu greifen. Das Mittelstück der Zelle, welches bei allen Arten eine Einschnürung zeigt, streckt und weitet sich innerhalb kürzester Zeit, das Protoplasma bildet dort eine Scheidewand aus, und aus der einen Zelle sind jetzt zwei Zellen geworden. Diese bleiben aber nur sehr

kurze Zeit vereinigt; die eingeschaltete Zellstoffwand zerklüftet; die beiden Zellen fallen auseinander, und jede nimmt alsbald genau die Gestalt an, welche die Mutterzelle besaß. Diese zierlichen Desmidiaceen nehmen unser Interesse auch aus dem Grunde in Anspruch, weil die Haut derselben vorwaltend aus Cellulose aufgebaut und verhältnismäßig sehr dick ist, nichtsdestoweniger aber in ihren Umrissen, in ihren Ausbuchtungen und überhaupt in ihrer Gestalt durch den lebendigen Zellenleib bestimmt wird, welcher sie gebildet hat und auch fort und fort umzubilden im stande ist. Wenn sich eine Desmidiaceenzelle in die Länge oder Quere streckt, wenn sie sich an einer Stelle ausbaucht, an einer andern eingeschnürt bleibt, so ist das nur die Folge der Thätigkeit des Protoplasten, der seinen Leib und damit auch seine Haut dem Bauplane der Art entsprechend gestaltet und umgestaltet.

Weit häufiger als die Trennung ist das Beisammenbleiben der durch Fächerung entstandenen Zellenpaare und das Entstehen umfangreicher Zellenverbände durch oftmals sich wiederholende Scheidewandbildung. Es lassen sich nicht weniger als fünf verschiedene Modifikationen dieses mit dem Aufbaue so vieler Pflanzen verknüpften Vorganges unterscheiden.

In den grünen Wasserfäden, von welchen zwei Arten (Zygnema pectinatum und Spirogyra arcta) auf der Tafel bei S. 22, Fig. 1, m, abgebildet sind, kann von dem Protoplasma einer jeden Zelle eine Wand ausgebildet werden, deren erste Anlage sich wie eine ringförmige Leiste an der schon vorhandenen Zellhaut ausnimmt und der Blende in der Röhre eines Mikroskopes ähnlich sieht. Allmählich wird aus dieser ringförmigen Leiste eine vollständig geschlossene Scheidewand, und aus einer Zelle sind zwei Zellen geworden. In beiden Zellen kann sich dieser Vorgang wiederholen, und es können so in kurzer Zeit vier, acht, sechzehn 2c. in einer Reihe geordnete Zellen entstehen. Dieselben bleiben miteinander verbunden, und die ganze Reihe macht den Eindruck eines cylinderförmigen Schlauches, der durch zahlreiche Querwände gefächert ist. Sind die einzelnen Zellen an den Seiten stark aufgetrieben, so erhält die Zellenreihe wohl auch das Aussehen einer Perlenschnur. Die eingeschalteten Scheidewände werden bei diesen Pflanzen sämtlich zu einander parallel ausgebildet und stehen senkrecht auf der Achse des Zellenfadens.

Der Parallelismus sämtlicher sich einschiebender Scheidewände unterscheidet diesen Vorgang von einem andern, der dadurch charakterisiert ist, daß die Einschaltung der Scheidewände nach zwei Richtungen des Raumes erfolgt. Es entstehen in diesem Falle weder gefächerte Schläuche noch perlenschnurförmige Ketten, sondern in einer Fläche geordnete Zellgruppen, die den Eindruck einer Platte machen, dem freien Auge auch als Häute und Blätter erscheinen. Besonders häufig zeigen Meeresalgen, welche an Steinen angesiedelt sind, diese Bauart. Wenn sämtliche Zellen der Unterlage anwachsen, wie bei Hildenbrandtia, so gestaltet sich der Umriß der Platte mehr oder weniger kreisförmig, und man sieht dann auf den Steinen rundliche grüne oder rote Flecke, die immer größer werdne, ohne dabei ihre allgemeine Form zu ändern. Es ist eben in diesem Falle nirgends ein Hindernis, welches die Kreisform der Zellplatte beschränken würde. Wenn dagegen nur einige Zellen mit der Unterlage verwachsen, während die andern sich vom Steine erheben, so daß das Ganze als ein dünnes, nur an einem Punkte der Unterlage angewachsenes Häutchen im Wasser flottiert, so ist die weitere Entwickelung eine ungleichmäßige, sie ist in der Richtung gegen die Unterlage unterdrückt, und das ganze Gefüge der Zellen erhält dann meistens das Ansehen eines Fächers.

Findet in einer Zelle die Einlagerung von Scheidewänden nach drei Richtungen des Raumes statt, so entsteht dadurch ein Gewebekörper. Der regelmäßigste auf diese Weise sich entwickelnde Gewebekörper ist jener, wie er an der Sarcina ventriculi, einem später noch ausführlicher zu behandelnden pflanzlichen Gebilde, vorliegt. Da

erscheinen nämlich die aus einer Zelle hervorgegangenen acht Tochterzellen so miteinander verbunden, daß sie zusammengenommen beiläufig die Form eines Würfels besitzen, und daß in jeden Oktanten eines Koordinatensystemes je eine Zelle zu liegen kommt. Gebilde von solcher Regelmäßigkeit sind allerdings selten. Gewöhnlich finden mannigfache Verschiebungen statt. In den sogenannten Pollinarien der Orchideen haben sich durch wiederholte Teilung Hunderte von Tochterzellen ausgebildet, welche gruppenweise zu kleinen Ballen geordnet sind, die wieder eine größere unregelmäßige, klumpige Masse bilden. Häufig kommt es auch vor, daß eine Zellengruppe, welche infolge des Einschiebens von Scheidewänden nach drei Richtungen des Raumes an Umfang zunimmt, nicht, wie man erwarten sollte, ein gleichmäßiges Anwachsen nach allen Seiten zeigt, sondern nach einer der drei Richtungen vorwaltend hinwächst. Dieser Gestaltung, welche insbesondere an Stengeln beobachtet wird, liegt die Ausbildung einer sogenannten *Scheitelzelle* zu Grunde. Man versteht darunter eine Zelle, welche gewissermaßen den Scheitel eines auf horizontaler Basis sich aufbauenden zelligen Körpers bildet. Durch das Einschalten einer Scheidewand wird aus der untern Hälfte der Scheitelzelle eine Kammer, ein sogenanntes Segment, gebildet. Während sich nun in diesem Segmente neuerliche Teilungen vollziehen, wächst die obere Hälfte der Scheitelzelle wieder zur anfänglichen Größe heran, und wüßte man nicht, daß von ihr kurz vorher ein Segment abgeschieden wurde, so würde man sie in Beziehung auf Größe, Lage und Gestalt für unveränderlich halten. Nach einiger Zeit wiederholt sich in ihr die eben geschilderte Segmentbildung, und alsbald hat sie sich neuerlich von dem Verluste erholt und ihre anfängliche Größe wieder erreicht. Der Vorgang macht den Eindruck, als ob die Scheitelzelle ein Segment nach dem andern in der Richtung gegen die Basis abscheiden und sich ein Piedestal bauen würde, auf dessen höchstem Punkte sie thront. Die Scheitelzelle kommt bei dieser Art des Bauens immer höher und höher zu liegen, rückt gleichsam in die umspülende Luft oder das umflutende Wasser an der Spitze einer Zellgruppe vor, und bis zu einem gewissen Grade wird auch durch die in ihr sich abspielenden Teilungsvorgänge sowohl die Wachstumsrichtung als auch das innere Gefüge der von ihr abgeschlossenen Zellengruppe beherrscht und bestimmt.

Das letztere geschieht dadurch, daß die Lage der von der Scheitelzelle abgetrennten Segmente, beziehentlich der eingeschobenen Scheidewände stets in bestimmter Weise geregelt ist. Stellt sich die Scheidewand, welche im untern Teile der Scheitelzelle zum Behufe der Segmentbildung eingeschoben wird, *parallel zur Basis und zugleich senkrecht auf die Wachstumsrichtung der Scheitelzelle*, und finden die weitern Teilungen erst in den nach und nach abgegliederten Segmenten nach drei Richtungen des Raumes statt, wie das z. B. bei den Armleuchtergewächsen der Fall ist, so erscheint die ganze Pflanze wie aus Stockwerken aufgebaut. Die Kammern des untern Stockwerkes sind aus dem ersten abgeschiedenen Segmente der Scheitelzelle hervorgegangen, jene des nächst höhern Stockwerkes aus dem zweiten und so fort. Das ganze Gebäude aber ist nach oben zu abgeschlossen durch die unermüdliche Scheitelzelle, welche noch fort und fort in der gleichen Weise sich teilt wie bei dem Beginne des Baues.

In andern Fällen nehmen die Scheidewände, welche im untern Teile der Scheitelzelle zum Behufe der Segmentbildung nacheinander eingeschaltet wurden, eine wesentlich andre Lage an als bei den Armleuchtergewächsen. Sie sind nämlich häufig auch *schief zur Wachstumsrichtung oder Sproßachse der Scheitelzelle, und die Basis der Scheitelzelle ist entweder keilförmig oder dreiseitig*. Keilförmig ist sie z. B. bei einigen Lebermoosen (Aneura und Metzgeria) sowie bei der zu den Bärlappen gehörigen Gattung Selaginella. Hier bilden sich nämlich abwechselnd nach rechts und links geneigte Wände aus, und es entstehen dadurch zwei Reihen von Segmentzellen, welche zur Wachstumsachse ähnlich

wie die Barten einer Feder zu ihrer Spindel gerichtet sind. Dreiseitig ist die Basis der Scheitelzelle an den Stämmchen der Schachtelhalme, der meisten Farne und Laubmoose. Am besten wird eine solche Scheitelzelle mit einer dreiseitigen Pyramide verglichen, deren Seiten aber nicht eben, sondern etwas ausgebaucht sind. Die eine Seite dieser Zelle, welche der Grundfläche der Pyramide entsprechen würde, bildet das freie Ende, grenzt nicht an andre Zellen, sondern an den Luftraum, beziehentlich an die Erde oder das Wasser, die drei andern Seiten sind gegen die Basis des wachsenden Pflanzenteiles gerichtet und laufen in einer Ecke zusammen, welche in der Sproßachse dieses Pflanzenteiles liegt. Die Einschaltung von Scheidewänden erfolgt parallel zu diesen drei schwach gewölbten Seiten und zwar in regelmäßiger Reihenfolge, so daß die abgeschiedenen Segmente ähnlich wie die Stufen einer Wendeltreppe geordnet erscheinen. Die Wände, welche sich weiterhin in die Segmentzellen einschalten, sind teils parallel, teils rechtwinkelig zu den zuerst gebildeten Wänden. Überhaupt ist bei diesen Bauten nicht zu verkennen, daß, ähnlich wie in den Bauwerken des Menschen, die Wände unter rechten Winkeln nach drei Richtungen des Raumes eingeschaltet werden.

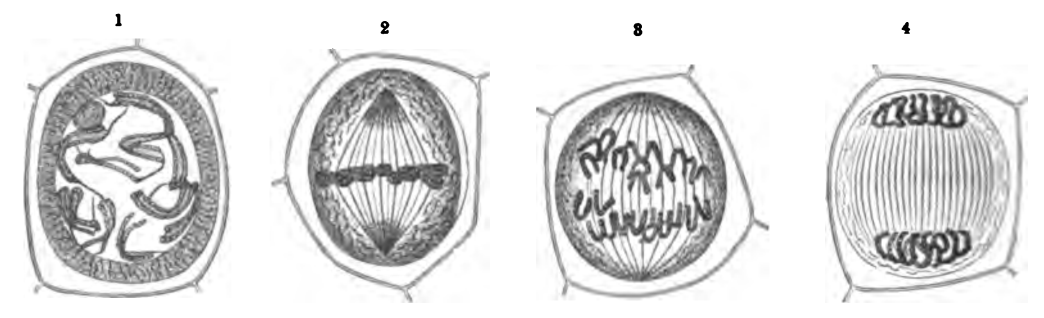
An den Wurzelenden der Farne, Schachtelhalme und einiger Samenpflanzen findet sich zwar gleichfalls eine dreiseitig pyramidale Scheitelzelle, wie sie oben geschildert wurde, aber der Aufbau wird einigermaßen kompliziert dadurch, daß auch parallel zu jener Seite, welche der Grundfläche einer dreiseitigen Pyramide entspricht, in Intervallen Scheidewände eingeschoben werden. Die dadurch abgeschiedenen Segmente, welche sich durch radiale Wände wieder in mehrere Zellen fächern, bedecken wie eine Kappe die Scheitelzelle. Dieses Gebilde, das man Wurzelhaube genannt hat, dient zum Schutze der Scheitelzelle an dem in der Erde vordringenden und dabei mancherlei Fährlichkeiten ausgesetzten Wurzelende.

Bei einigen Sporenpflanzen und bei den meisten Samenpflanzen finden sich am Ende des sich aufbauenden Stengels zwei oder mehrere Scheitelzellen, also eine Scheitelzellengruppe. Man hat sich bemüht, die Anordnung derselben auf drei Typen zurückzuführen, welche ausführlicher zu besprechen aber nicht im Plane dieses Buches liegt. Daß der Aufbau in solchen Fällen äußerst kompliziert wird, daß es in vielen Fällen sehr schwierig, ja oft unmöglich ist, die Gestaltungsvorgänge zu verfolgen und mit Sicherheit festzustellen, ändert nichts an unsrer Überzeugung, daß der Aufbau der wachsenden Teile auch bei diesen Pflanzen sich gesetzmäßig vollzieht, und daß der Gestalt jeder einzelnen Art ein bestimmter Plan zu Grunde liegt, der durch die spezifische Konstitution des Protoplasmas vorgezeichnet ist.

Zur Hintanhaltung von Mißverständnissen sei hier übrigens noch erwähnt, daß sich an Pflanzenstöcken, in welchen mannigfache Organe mit verschiedenen Funktionen ausgebildet sind, nicht alle wachsenden Teile in der gleichen Weise ausgestalten, was aber nicht ausschließt, daß in jeder Pflanzenart doch derselbe Bauplan stetig festgehalten wird. Die Richtungen der in den wachsenden Rhizoiden, Blättchen und Sporengehäusen einer Laubmoosart sich einschaltenden Scheidewände können unter sich sehr verschieden sein, aber für jede Art sind sie in den verschiedenen Organen stets die gleichen. Auch an Samenpflanzen sind die Vorgänge bei der Gestaltung der Wurzelhaube, der Spaltöffnungen, der Blütenstaubzellen u. s. f. unter sich sehr abweichend; diese unter sich verschiedenen Vorgänge aber erhalten sich in jeder Pflanzenart äußerst beständig. Immer findet man an derselben Art die Wurzelhaube, die Spaltöffnungen, die Blütenstaubzellen in der gleichen Weise aufgebaut. In Mohnblüten, welche sich vor zweitausend Jahren auf dem Boden Ägyptens entfaltet hatten, und welche man damals als Totenschmuck in die Särge legte, sind die Antheren und Pollenzellen genau so gestaltet wie in den Mohnblüten, welche sich heute auf unsern Feldern entwickeln. Es ist wichtig, an der Thatsache dieser Beständigkeit festzuhalten. Auf sie gründet sich nicht nur die Möglichkeit, Pflanzenarten zu unterscheiden, sondern überhaupt der Begriff der Art oder Spezies, worauf noch wiederholt zurückzukommen sein wird.

Die im vorstehenden geschilderten Gestaltänderungen des Protoplasmas und seiner Haut betreffen eigentlich immer nur den äußern Umriß. Selbstverständlich liegen demselben ganz bestimmte Verschiebungen und Umlagerungen im Innern des lebendigen Protoplasmas zu Grunde, und es ist weitern Untersuchungen vorbehalten, auch diese letztern, soweit sie sichtbar und erkennbar sind, festzustellen. Bisher hat man lediglich die bei der Fächerung der Zellen sich vollziehenden Veränderungen in der Substanz des Protoplasmas und insbesondere im sogenannten Zellkerne genauer beobachtet, und was dabei gesehen wurde, fand bereits bei früherer Gelegenheit eine kurze Erwähnung. Es ist hier der Ort, nochmals auf diese merkwürdigen Umgestaltungen zurückzukommen und die wichtigsten Ergebnisse in einem übersichtlichen Bilde zusammenzufassen.

Betrachten wir eine Zelle, in welcher das Protoplasma den ganzen Innenraum erfüllt. Ein großer Zellkern ist in der Mitte des Zellenleibes sichtbar. Das Protoplasma zeigt bei stärkster Vergrößerung Körnchen, Stäbchen, kürzere und längere, gerade und gebogene, schleifenförmige und schlangenförmig gewundene oder auch zu Knäueln verschlungene und durch



Veränderungen im Protoplasma des Zellkernes bei der Teilung desselben. 1. Die Kernfäden im ganzen Kerne verteilt. — 2. Die zerstückten Kernfäden zur Kernplatte geordnet. — 3. Die Elemente der Kernplatte auseinander gerückt. — 4. Dieselben an den Polen des Zellkernes zwei Knäule bildend. (Nach Guignard.)

Anastomosen zu Netzen verbundene Fäden. Am deutlichsten tritt diese Struktur, zumal die Fadenbildung, in dem großen Zellkerne hervor, und man hat die dort sichtbaren gewundenen Fäden Kernfäden genannt. In manchen Fällen scheint nur ein einziger vielfach gewundener Faden im Kerne vorhanden zu sein, in andern Fällen sind deren mehrere zu sehen, und sie erscheinen ziemlich gleichmäßig im Kerne verteilt, wie es Fig. 1 in obenstehender Abbildung zeigt. Die Umgestaltung beginnt nun zunächst mit einer Zerstückelung der Kernfäden. Es bilden sich aus denselben zahlreiche kurze, schlingen-, stäbchen- oder körnchenförmige Stücke, welche gegen die Mitte des Kernes zusammenrücken, dort eine Lage annehmen, welche dem Äquator des mit einem Erdglobus zu vergleichenden Zellkernes entspricht (s. Fig. 2 der obenstehenden Abbildung), und sich zu einer Platte ordnen, welche man Kernplatte genannt hat. Bald darauf findet aber wieder eine Lösung der Elemente dieser Kernplatte statt, sie rücken auseinander und nähern sich, in zwei Hälften geteilt, den Polen des Zellkernes (s. Fig. 3). Dabei wenden und krümmen sich die fadenförmigen Stücke und zwar besonders häufig in der Weise, daß sie auf der einen Seite die Form eines U, auf der andern jene eines Ω annehmen. In der Nähe der Pole angelangt, verschmelzen dann die Fadenstücke, ziehen sich auf jeder Seite zu einem dichten Knäuel zusammen (s. Fig. 4), und so sind aus einem Zellkerne zwei Zellkerne geworden.

Bei diesen von den Elementen der Kernplatte ausgeführten Verschiebungen spielen auch ungemein feine Fasern eine Rolle, welche in den Figuren 2, 3, 4 der obenstehenden Abbildung zu sehen sind, und die man Spindelfasern genannt hat. Ihrer Lage nach könnten sie mit den Meridianen auf einem Globus verglichen werden, und was ihre Entstehung

anlangt, so ist so viel gewiß, daß sie sich nicht aus dem Zellkerne, sondern aus dem umgebenden Protoplasma herausgebildet haben. Diese Spindelfasern sind als Leitseile aufzufassen und bilden ersichtlich die Bahn für die sich verschiebenden und an den Polen zu zwei neuen Kernen sich formenden Elementen der Kernplatte. Nachdem sich der eben geschilderte Vorgang abgespielt hat, fällt diesen Spindelfasern noch eine weitere nicht weniger wichtige Rolle zu. Beiläufig an derselben Stelle, wo früher die Kernplatte zu sehen war, entsteht nun eine Anhäufung von außerordentlich kleinen Körnchen, den schon wiederholt erwähnten Mikrosomen, und es ordnen sich diese wieder zu einem platten- oder scheibenförmigen Gebilde, welches zuletzt die ganze Zellkammer in zwei Fächer teilt. Augenscheinlich dienen auch für diese Mikrosomen die Spindelfasern als Leitseile, und viele der kleinen Körnchen werden entlang den Spindelfasern zum Äquator hingeleitet; mitunter entstehen aber dieselben auch unmittelbar am Äquator und helfen die Zellplatte herstellen. Die Ausbildung dieser Zellplatte scheint überhaupt bei den verschiedenen Arten nicht gleich zu sein, aber das eine ist mit Sicherheit festgestellt, daß in derselben immer Micellen aus Zellstoff gebildet werden, und daß die aus ihr hervorgehende Scheidewand nun die Eigenschaften einer Cellulosewand, beziehentlich einer Zellhaut besitzt. Daß sich in dieser Zellhaut wenigstens anfänglich auch eiweißartige Teile des Protoplasmas erhalten, durch deren Vermittelung noch mannigfache weitere Metamorphosen der eingeschaltenen Membran erfolgen können, und daß durch sie, wenn das Bedürfnis vorhanden ist, auch die Verbindung zwischen den benachbarten Protoplasten erhalten bleibt, wurde bereits bei früherer Gelegenheit (S. 40) erwähnt.

In den Zellen jener grünen Wasserfäden, welche die Namen Spirogyra, Zygnema und Cladophora führen, sowie in jenen der zahlreichen Desmidiaceen und noch vieler andrer Gewächse ist der eben geschilderte Fächerungsprozeß zu keiner Zeit vollständig abgeschlossen. Jede Zelle wächst so lange fort, bis sie einen gewissen Umfang erreicht hat, fächert sich dann in der für die betreffende Art herkömmlichen Weise in Tochterzellen, und in diesen wiederholt sich neuerdings der Vorgang, welcher sich in der Mutterzelle abgespielt hatte. Das geht unter günstigen äußern Bedingungen fort und fort ohne Ende, und eine Unterbrechung erfolgt nur dann, wenn es an der nötigen Nahrung fehlt, oder wenn durch Eingriffe von außen eine Tötung des lebendigen Protoplasmas stattfindet. In diesen Pflanzen, von denen wir mehr als tausend verschiedene Arten zählen, gibt es also keinen Gegensatz zwischen einem sich gestaltenden und einem ausgestalteten fertigen, nicht weiter entwickelungsfähigen Teile. Anders in den großen Gewächsen, in welchen sich eine Teilung der Arbeit und eine entsprechende Gliederung vollzogen hat, in jenen Pflanzenstöcken, deren verschiedene Glieder verschiedenen Funktionen vorstehen. In diesen ist die Stabilität einiger Glieder von größtem Vorteile, und dem entsprechend erscheinen in ihnen neben den Zellen, in welchen die Protoplasten die Ausgestaltung und den Weiterbau besorgen, auch viele andre, welche sich nicht mehr weiter umgestalten, deren Größe und Form sich dauernd erhält, und die man darum auch Dauerzellen genannt hat.

Organisch verbundene Gruppen von Dauerzellen nennt man Dauergewebe und stellt dieses den Gruppen ausbauender, sich teilender und umgestaltender Zellen, dem sogenannten Bildungsgewebe, gegenüber. Jedes Dauergewebe ist selbstverständlich aus einem Bildungsgewebe hervorgegangen, und das Bildungsgewebe ist in letzter Linie wieder auf eine einzelne teilungsfähige Zelle zurückzuführen.

Die Zellen im Bildungsgewebe zeigen in betreff ihrer Gestalt nur geringe Abwechselung. Es ist unmöglich zu erkennen, welche Formen die aus ihnen hervorgehenden Dauerzellen seiner Zeit annehmen werden. Von vier ganz gleichen Zellen des Bildungsgewebes kann die erste zum Ausgangspunkte für mehrere plattenförmige, chlorophyllose Oberhautzellen, die zweite zum Bildungsherde für eine Gruppe grüner Palissadenzellen, die dritte

zum Ausgangspunkte für ein Bündel langgestreckter, dickwandiger Bastzellen, die vierte zum Bildungsherde für mehrere zartwandige, große Parenchymzellen werden. Wie das kommt, ist schwer zu erklären, und wir leisten auch darauf Verzicht, an dieser Stelle einen eingehenden Erklärungsversuch zu machen. Nur so viel sei bemerkt, daß der Anstoß zu diesen Umgestaltungen zwar von außen kommt, daß auch auf die Größenverhältnisse der sich bildenden Dauergewebe äußere Verhältnisse einen maßgebenden Einfluß nehmen, daß aber die Form, der Umriß, die bestimmte Gestalt, welche die einzelnen Zellen im Dauergewebe erhalten, ebenso wie die räumliche Anordnung der so verschiedentlich ausgestalteten Zellen von äußern Einflüssen unabhängig sind. Gleichwie in einer Pflanzenart schon die ersten Scheidewände in der sich teilenden Scheitelzelle im vorhinein bestimmte Lagen einnehmen, erfolgt auch die weitere Metamorphose der Tochterzellen innerhalb der durch die spezifische Konstitution des Protoplasmas gezogenen Grenzen, und es ist die Umgestaltung der Zellen des Bildungsgewebes in Zellen des Dauergewebes nach einem jeder Spezies eigentümlichen und sich vererbenden Bauplane geregelt.

Gegen dieses aus zahlreichen Thatsachen abgeleitete Gesetz der Unabhängigkeit des Bauplanes und der Zellengestalt von äußern Einflüssen scheint die Erfahrung zu sprechen, daß durch Zug und Druck Veränderungen im Umrisse der einzelnen Zellen bewirkt werden können. Kugelige Zellen mit elastischen, schmiegsamen Wandungen können durch Zug in ellipsoidische umgeändert werden; infolge allseitigen Druckes kann eine kugelige Zelle die Gestalt eines Rhombendodekaeders, durch seitlichen Druck die Gestalt eines sechsseitigen Prismas annehmen. Bei Erörterung dieser Verhältnisse hat man auch darauf hingewiesen, daß Erbsen, welche in einem würfelförmigen, dickwandigen Gefäße durch Übergießen mit Wasser zum Aufquellen gebracht werden, die Gestalt von Rhombendodekaedern annehmen, weil dadurch bei möglichster Raumersparnis jeder einzelnen Erbse ein möglichst großer Raum gegönnt ist. Auch wurde an die Erfahrung erinnert, daß die Struktur der schieferigen Gesteine von dem auf die Masse wirkenden Drucke abhängig sei, insofern nämlich, als die Schichtungs- und Schieferungsflächen immer senkrecht stehen zur Richtung des stattgehabten Druckes. So wertvoll aber diese Thatsachen zur Erklärung der Formverhältnisse anorganischer Körper sind, für die hier in Rede stehende Frage haben sie nur wenig zu bedeuten. Daß sphärische Zellen, auf welche von allen Seiten ein gleichmäßiger Druck einwirkt, die Gestalt von Dodekaedern annehmen können, wird niemand bestreiten; aber diese Gestalt wird auf die Nachkommen nicht vererbt, in der nächsten Generation wird in derselben Pflanze wieder eine Gruppe sphärischer Zellen an der betreffenden Stelle entstehen und durchaus nicht eine Gruppe dodekaedrischer Zellen. Die letztern werden nur dann wieder zum Vorscheine kommen, wenn die erwähnten Druckkräfte sich wieder geltend machen.

Wie wenig übrigens äußere Einflüsse die Gestalt und die Gruppierung der Dauerzellen bestimmen, geht schon daraus hervor, daß aus einem und demselben Bildungsgewebe unter demselben Drucke, bei derselben Temperatur und der gleichen Beleuchtung knapp nebeneinander die verschiedensten Dauerzellen entstehen, und daß anderseits die Gestalten und die Gruppierung dieser Zellen keine wesentlich andern werden, wenn sich die Ausgestaltung des Bildungsgewebes unter ganz anderm äußern Drucke oder andrer Temperatur vollzieht. Wir kommen daher immer wieder auf die wichtige These zurück: Die von außen her auf die Pflanze wirkenden Kräfte sind nur Anregungsmittel des Gestaltungsprozesses. Dieser vollzieht sich unabhängig von äußern Einflüssen in einer für jede Art festgestellten, in dem eigenartigen Aufbaue des lebendigen Protoplasmas begründeten Weise.

VII. Die Pflanzengestalten als vollendete Bauwerke.

1. Stufenleiter von der einzelligen Pflanze zum Pflanzenstocke.

Alle Pflanzen sind sterblich, allen kommt aber auch die Fähigkeit zu, sich rechtzeitig zu erneuern und zu verjüngen, so daß trotz der zeitlich begrenzten Dauer und trotz der Vergänglichkeit der Einzelwesen die gegenwärtig auf Erden lebenden Arten in ihrem Bestande doch nicht gefährdet sind. Die Verjüngung erfolgt stets durch Vermittelung des Protoplasmas einer einzelnen Zelle, durch ein Schleimklümpchen, das wegen seines winzigen Umfanges nur in den seltensten Fällen mit freiem Auge wahrgenommen werden kann. Die mächtigste Palme muß bei der Verjüngung durch dieses Stadium der Einzelligkeit gerade so hindurchgehen wie der kleinste Schimmelpilz, und es besteht nur insofern ein Unterschied, daß bei den großen, meistens auch langlebigen Gewächsen längere Zeit vergeht, bis dieses Stadium eintritt, während bei den kleinen Pflanzenformen im Laufe eines Jahres mehrere Generationen sich ablösen und ersetzen können. Immer wächst der Protoplast in der winzigen Verjüngungszelle auf Kosten der Umgebung, gestaltet sich in der seiner Art eigentümlichen Weise und teilt sich, wenn er eine gewisse Größe erreicht hat, in zwei oder mehrere Protoplasten, welche die Fähigkeit geerbt haben, sich neuerdings zu teilen.

Jeder einzelne dieser Protoplasten ist als ein Individuum aufzufassen. Auch dann, wenn die durch fortwährende Teilungen entstandenen nachbarlichen Protoplasten miteinander in Verbindung bleiben, was meistens der Fall zu sein pflegt, behält doch jeder einzelne einen gewissen Grad von Selbständigkeit und Unabhängigkeit, und aus dem Verbande losgerissen, ist er nicht notwendig dem Verderben preisgegeben, sondern kann, von seinen Genossen räumlich getrennt, unter günstigen Umständen sich vergrößern, teilen und weiterwachsen. Bei nicht wenigen Arten, welche die einzelligen genannt werden, ist es sogar herkömmlich, daß jeder Protoplast sofort nach seiner Bildung sich räumlich abtrennt und selbständig weiterlebt. Merkwürdig ist, daß doch für alle diese einzelligen Pflanzenarten eine Zeit kommt, in welcher sie sich wieder aufsuchen und zu verbinden trachten, die Zeit der Paarung, welche freilich im Vergleiche zu der Periode des isolierten Lebens nur sehr kurz bemessen erscheint. Auch sonst ist eine gewisse Zusammengehörigkeit der aus einer Zelle hervorgegangenen räumlich geschiedenen Individuen nicht zu verkennen. So wie man die Raupen, welche aus den von einem Schmetterlinge gelegten Eiern auskriechen, sich nicht zerstreuen, sondern gemeinsame Züge und Wanderungen ausführen sieht, bemerkt man auch die Schwärme der Sphaerella pluvialis gruppenweise von einer Stelle zur andern schwimmen und einen geeigneten Platz zur Niederlassung auswählen. Auch die einzelnen Zellen der Diatomaceen und Desmidiaceen bilden solche auf beschränktem Raume lebende Familien, und es muß bei ihnen gerade so wie bei der aus dem Laiche eines Fisches hervorgegangenen,

gesellig durch das Wasser schwimmenden jungen Brut oder den gleichzeitig gebornen, in der Abendsonne auf- und abtanzenden Mücken auf eine Art Familiensinn geschlossen werden, der die getrennten Lebewesen zusammenhält, wenn uns auch das Verständnis für diese Beziehungen der räumlich gesonderten Organismen abgeht.

Wenn die einzelnen genetisch zusammenhängenden, aber als getrennte Individuen lebenden Protoplasten ähnlich wie Raupen, Mücken, Heuschrecken, Fische und dergleichen eine Ortsveränderung gemeinsam vornehmen können, so nennt man die Gemeinschaft derselben einen Schwarm; wenn sich dagegen die isolierten Individuen knapp nebeneinander auf einer Unterlage festgesetzt haben und dort einen begrenzten Raum zeitlebens einnehmen, so spricht man von einem Bestande. Die Amöben der Schleimpilze, mehrere einzellige Palmellaceen, Desmidiaceen und Diatomaceen leben in Schwärmen, die zahlreichen Siphonaceen dagegen sowie auch die Arten der Gattungen Synedra und Gomphonema aus der Familie der Diatomaceen leben in Beständen. Solche Bestände erreichen manchmal einen bedeutenden Umfang. Die im Meeresgrunde auf Steinen und Muschelschalen aufsitzenden Acetabularien, die blasig aufgetriebenen Kaulerpen, die moosähnlichen Formen von Bryopsis und die dunkeln Arten von Codium bilden, zu Tausenden aneinander gereiht, sehr umfangreiche Bestände, und auch die in kalten Quellbächen und auf feuchter Erde lebenden Vaucherien stellen sich als umfangreiche Polster und weithin den Boden mit grünem Filze überziehende Gebilde dar. Dem Schwarme und dem Bestande reiht sich als dritte Gesellschaftsform der Verein an, in welchem die genetisch zusammenhängenden Protoplasten zu einem Körper miteinander verwachsen sind. Der Verein ist wieder wesentlich verschieden, je nachdem die einzelnen denselben bildenden Protoplasten der Zellhaut entbehren oder von einer solchen umgeben sind. Im erstern Falle verschmelzen dieselben zu einer Masse, in welcher man die Grenzen der einzelnen Individuen nicht mehr zu erkennen im stande ist, wie solches namentlich bei den Schleimpilzen der Fall ist. Der Ausdruck Verschmelzen kann hier mit vollstem Rechte bildlich in Anwendung gebracht werden; denn in der That erinnert der Vorgang lebhaft an das Verschmelzen flüssiger Metallkügelchen zu einer größern Metallmasse oder an das Verschmelzen zahlreicher auf der Wasseroberfläche schwimmender Fettaugen zu einem größern Fetttropfen, in welchem dann die Konturen der einzelnen zusammengeflossenen Teile spurlos verschwunden sind. Ob die verschmolzenen Protoplasten ihre Individualität auch wirklich vollständig aufgegeben haben, ist freilich zweifelhaft. Gewisse Erscheinungen sprechen eher dagegen als dafür. Mehrere Schleimpilze bilden nämlich sogenannte Sklerotien, d. h. sie verlieren die Beweglichkeit und gehen in einen zeitweiligen Zustand der Ruhe über. Dabei erstarrt die ganze Masse, nimmt eine wachsartige Konsistenz an, trocknet ein, und das gestaltlose Protoplasma zerfällt in unzählige deutlich begrenzte, rundliche oder eckige Partikelchen. Wenn dann am Ende der Ruheperiode die erstarrte Masse wieder in den beweglichen Zustand übergehen soll, werden die individualisierten Partikelchen flüssig, und es findet neuerdings eine Verschmelzung derselben statt. Diese an einer ganzen Reihe von Schleimpilzen beobachtete Erscheinung ließe immerhin den Gedanken aufkommen, daß die in den Sklerotien isolierten Körperchen den einzelnen Protoplasten entsprechen, aus welchen sich schon früher die ganze Masse gebildet hatte, und daß dieselben die Individualität nicht aufgegeben haben, wenn auch ihre Abgrenzungen in der Masse nicht zu erkennen sind. Die Vereine aus verschmolzenen, der Zellhaut entbehrenden Protoplasten sind der Zahl nach unbedeutend im Vergleiche zu der ungeheuern Menge jener Vereinigungsformen, in denen jeder der Protoplasten von einer Zellhaut umgeben ist, und bei welchen durch diese Zellhaut auch der Zusammenhalt des Ganzen bewirkt wird. Man begreift die letztern als Zellenvereine und bringt sie der leichtern Übersichtlichkeit wegen in vier Gruppen, welche als Reihen, Netze, Platten und Gewebe unterschieden werden.

Wie ein reihenförmiger Zellenverein aussieht, sagt schon der Name. In betreff seines Zustandekommens ist zu bemerken, daß die Scheidewände, welche sich bei der Fächerung in die Zellen einschieben, immer eine und dieselbe Lage einnehmen, daß sie nämlich stets senkrecht auf die Längsrichtung der Zellenreihe stehen und dem entsprechend untereinander sämtlich parallel sind. Nach der verschiedenen Gestalt der einzelnen Zellen richtet sich auch das allgemeine Aussehen dieser Vereine. Sind die einzelnen Glieder der Reihe kugelig, so ergeben sich perlenschnurförmige Ketten, wie sie bei den Nostochineen gefunden werden; stellen die einzelnen Zellen kurze oder lange Cylinder dar, so entstehen durch ihre Aneinanderreihung fadenförmige Gebilde, welche besonders häufig an den Zygnemaceen und Ödogoniaceen beobachtet werden; nehmen die cylindrischen Zellen nach der einen Seite hin an Länge zu und an Dicke ab, so entstehen peitschenförmige Formen, wie z. B. an den Arten der Gattung Mastichonema. Mitunter sind die einzelnen Glieder der Reihe tafelförmig und die Täfelchen an den Schmalseiten miteinander verbunden, in welchem Falle bandförmige Reihen hervorgehen, wie bei Odontidium, oder aber es sind die benachbarten tafelförmigen Zellen nur an den Ecken verbunden, in welchem Falle die Reihe ein zickzackförmiges Ansehen erhält, wie bei der Gattung Diatoma.

In den netzförmigen Zellenvereinen sieht man die zahlreichen Zellen so geordnet, daß sie, zu drei oder zwei, seltener zu vier unter Winkeln von entsprechender Größe zusammenstoßend, an verhältnismäßig kleinen Berührungsflächen miteinander verwachsen. Die bei der Fächerung sich einschiebenden Scheidewände sind zu einander nicht alle parallel, sondern nach mehr als einer Richtung des Raumes orientiert. Man unterscheidet offene und geschlossene Netze. An den erstern, welche man am besten mit dem Flußnetze auf einer Landkarte vergleicht, bilden die Zellen nur selten geschlossene Maschen, sondern laufen wie die Zinken einer Gabel auseinander, und ihre Gruppierung macht auch den Eindruck einer gabeligen Verzweigung. Die offenen Netze kommen sehr häufig vor, zumal an den Mycelien der Pilze, an den Arten der grünen, im Wasser lebenden Konfervaceen (Cladophora und Chaetophora) und an zahlreichen roten Florideen. Auf der beigehefteten Tafel „Florideen im Adriatischen Meere", welche die unterseeische Florideen-Vegetation veranschaulicht, finden sich an der rechten Seite zwei dieser zierlichen, als offene Netze ausgebildeten Formen, nämlich in der Mittelhöhe des Bildes das zarte Ceramium strictum und darunter das an ein feines Netz von Blutadern erinnernde Plocamium coccineum. Weit seltener sind geschlossene Netze mit sechseckigen Maschen, wie z. B. jene des auf S. 34 geschilderten Wassernetzes (Hydrodyction) und die merkwürdigen, mit Hohlkugeln vergleichbaren Netze des Volvox globator, von welchen auf S. 35 die Rede war. Die offenen netzförmigen Zellenvereine durchspinnen die morschen Baumstrünke, den Moder des Waldbodens, den Humus des Wiesengrundes, wo sie sich als Verwesungspflanzen, dann lebende Pflanzen und Tiere, in welche sie sich als Schmarotzer eingenistet haben, oder sie sind nur mit einigen Zellen der Unterlage angewachsen, und es erstrecken sich dann von diesen Ansatzpunkten die gabeligen Verzweigungen fächerförmig und strahlenförmig in das umgebende Wasser, wie bei den meisten hierher gehörigen Wasserpflanzen. Die geschlossenen Netze dagegen sind mit keiner Unterlage verwachsen, sondern erhalten sich schwebend in dem Wasser, welchem sie ihre Nahrung entnehmen.

Die plattenförmigen Zellenvereine sind aus Zellen zusammengesetzt, welche, in einer Ebene gelagert, lückenlos aneinander schließen. Die bei der Entwickelung dieser Form in die einzelnen Kammern sich einschiebenden Scheidewände sind nach zwei Richtungen des Raumes orientiert und kreuzen sich häufig unter rechten Winkeln. Solche Zellenvereine bilden entweder dünne Überzüge auf Steinen oder andern festen Körpern und schmiegen sich dann innigst allen Unebenheiten der Unterlage an, wie das z. B. bei dem

die Kiesel und alte Holzstöcke in den Gebirgsbächen überziehenden Protoderma viride der Fall ist, oder aber sie erscheinen als Häutchen, Bänder und dünne, laubähnliche Gebilde, die nur an einem Punkte mit der Unterlage verwachsen sind, im übrigen frei im Wasser flottieren. So verhält es sich mit der unter dem Namen Meersalat bekannten Ulva und mit mehreren Florideen, wie z. B. mit den Arten der Gattung Porphyra. Bisweilen sieht man die plattenförmigen Zellenvereine als ganz freie, nirgends angewachsene kleine Täfelchen und Scheiben ausgebildet, wie das bei der Gattung Pediastrum der Fall ist. Die laub- und bandartigen Formen, welche im Wasser flottieren, sind nur selten ganz eben, meistens erscheinen die Flächen vielfach verbogen, gewellt und grubenförmig ausgehöhlt, auch ist der Rand derselben häufig kraus oder zerschlitzt und in Lappen und Zipfel geteilt, und solche Formen bilden dann wohl auch Mittelstufen, die halb Zellenplatte, halb Zellennetz sind. In betreff der Größe findet man alle möglichen Abstufungen von den winzigen Scheibchen des Pediastrum und den kleinen in den Gletscherbächen lebenden Häutchen der Prasiola bis zu den im Meere wachsenden Ulven, von welchen manche zu Häuten im Umfange von einem Quadratmeter heranwachsen.

Gewebeförmige Zellenvereine nennt man diejenigen, deren Elemente nach drei Richtungen des Raumes aneinander schließen. Sowohl am Querschnitte als auch an den Längsschnitten erkennt man an diesen Vereinen zum wenigsten zwei, in der Regel aber mehrere aufeinander folgende Zellenlagen. Meistens erscheint der ganze Körper nach einer Richtung viel mehr als nach der andern gestreckt. Häufig haben sie die Form eines soliden Cylinders oder Prismas oder die Gestalt von dicken Borsten, Schnüren und Seilen, manche mahnen an die Gestalt von Regenwürmern oder ähneln den Tentakeln von Polypen und Seeanemonen. In manchen Florideen und insbesondere in den braunen Lebertangen zeigen diese Zellenvereine auch die Gestalt von Riemen, oder sie sind unten, wo sie der Unterlage aufsitzen, stielförmig zusammengezogen und verbreitern sich nach oben zu in laubähnliche Gebilde, wie das z. B. an den Laminarien der Nordsee (s. Abbildung, S. 549) und mehreren Florideen, von welchen auf der linken Seite der beigehefteten Tafel (S. 547) die rote Peyssonnelia squamaria und die weißlichviolette Padina Pavonia abgebildet sind, der Fall ist. Soche riemen-, band- und laubartige Gebilde erinnern mitunter an die ähnlichen, früher erwähnten plattenförmigen Zellenvereine der Ulvaceen, unterscheiden sich aber von diesen schon dadurch, daß sie immer aus zwei oder mehreren übereinander liegenden Zellenschichten aufgebaut sind, so daß auch ein senkrecht auf das laubartige Gebilde geführter Schnitt immer wenigstens zwei Zellenlagen zur Anschauung bringt. Seltener sind kuchenförmige und ballenförmige Gewebe. Als Beispiele für die letztern können die verschiedenen Arten von Gloeocapsa angeführt werden, von welchen eine auf der Tafel bei S. 22, Fig. n, abgebildet ist.

In jedem dieser einfachen Zellenvereine sind die Zellen der Mehrzahl nach gleichgestaltet. Nur die der Vermehrung dienenden Teile zeigen gewöhnlich Abweichungen der Gestalt, sind aber der Zahl und dem Umfange nach so untergeordnet, daß es an dem Aussehen des ganzen Zellenvereines wenig ändert, ob sie vorhanden sind oder nicht. Wichtiger ist in betreff des allgemeinen Eindruckes der Umstand, daß die meisten aufgezählten einfachen Vereine sich vervielfältigen und teilen, ohne daß doch die Teile sich räumlich trennen und absondern. Die Netze des Hydrodyction vermehren sich allerdings in der Weise, daß sich in einzelnen Zellen des Netzes Tochternetze bilden, welche sich von der Mutterpflanze ablösen; desgleichen vervielfältigen sich die scheibenförmigen Zellflächen von Pediastrum durch einen ähnlichen Vorgang, und es kommt bei diesen Pflanzenformen auch immer zur Ausbildung ganzer Schwärme von Zellenvereinen, so daß man in den Wassertümpeln, wo die genannten Arten heimisch sind, Hunderte und Tausende getrennter Netze und Zellenplatten

auf beschränktem Raume gesellig lebend antrifft. Aber die Zahl der Fälle von schwarmbildenden Zellenvereinen ist doch verschwindend klein im Vergleiche zu der ungeheuern Anzahl jener Formen, deren bei der Verjüngung entstandene Teilvereine verbunden bleiben. Wir nennen solche verbunden bleibende Zellenvereine Verbände und unterscheiden Ver-



Laminarien in der Nordsee. Vgl. Text, S. 548.

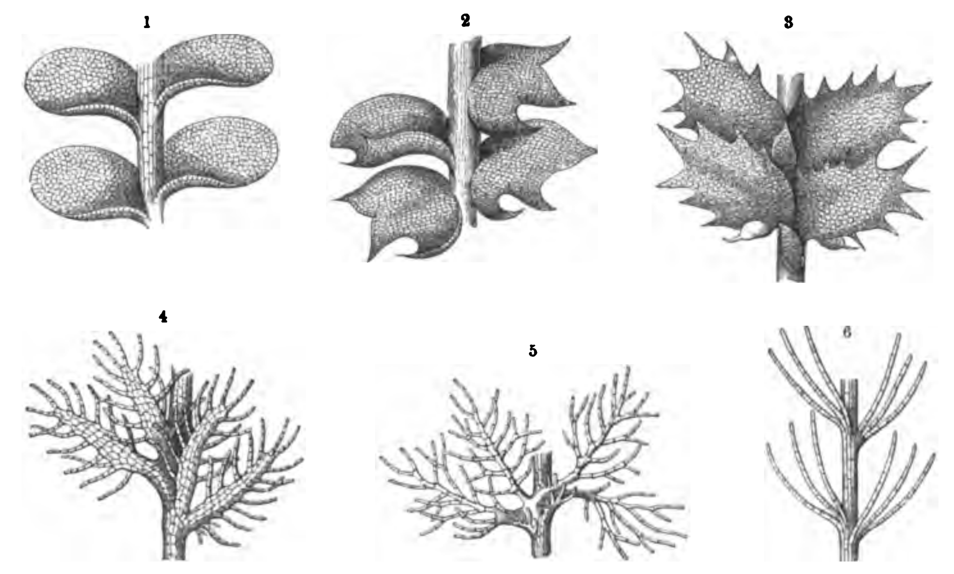
bände aus Zellenreihen, aus Zellennetzen, aus Zellenplatten und Zellengeweben. Die Anordnung der einzelnen Teile und das Gefüge der Verbände ist durchaus nicht regellos, sondern für jede Pflanzenart in herkömmlicher, von Generation auf Generation vererbter Weise bestimmt. Man kann die einfachen Zellenvereine, welche als unterscheidbare Teile einen umfangreichen Verband bilden, auch den Gliedern eines Körpers vergleichen und geradezu Glieder des Verbandes nennen. Es gibt natürlich Verbände, welche aus sehr vielen

einfachen Zellenvereinen bestehen, also vielgliederig erscheinen, und solche, die nur eine geringe Gliederung zeigen, d. h. nur aus einigen wenigen einfachen Vereinen aufgebaut sind. Abgesehen von dem Mehr und Weniger, ist aber bei einem Überblicke über die Gestalten der Gewächse auch die Art und Weise der Verbindung zu berücksichtigen, und es lassen sich die Verbände in zwei Abteilungen bringen.

Die erste Abteilung begreift diejenigen, deren sämtliche Glieder gleichgestaltet sind, so daß also der ganze Pflanzenkörper nur aus Zellenreihen, nur aus Zellennetzen, nur aus Zellenplatten oder nur aus Zellengeweben besteht. Diese gleichmäßig zusammengesetzten Verbände findet man insbesondere an den unter Wasser lebenden, sich durch Sporen vervielfältigenden Pflanzen sowie an jenen Gewächsen, welche man unter dem Namen Pilze zusammenfaßt, und es sind als besonders häufige Formen folgende hervorzuheben. Zunächst die Nester aus schlangenförmig gewundenen und sich mannigfaltig verschlingenden, perlenschnurförmigen Zellenreihen, wie sie an den Nostochineen vorkommen, die Büschel aus langgestreckten, geraden, fadenförmigen Reihen der Oscillarieen, die Flocken aus leicht geschwungenen, fadenförmigen Reihen von Scytonema und andern Wasserpflanzen und die dunkeln Pölsterchen aus büschelig gruppierten, peitschenförmigen Reihen, wie sie die Gattungen Euactis und Dasyactis aufweisen. Ein besonderes Interesse beanspruchen aus der Reihe der zusammengesetzten Verbände diejenigen, welche aus den oft erwähnten Hyphen hervorgehen. Wenn sich nämlich die verzweigten, manchmal auch maschenförmig verstrickten und zu Netzen vereinigten Hyphen in großer Zahl zusammendrängen, so entstehen dadurch Geflechte und Stränge, welche ganz das Ansehen eines Zellengewebes haben, sich von einem solchen aber dadurch unterscheiden, daß die benachbarten, mit ihren Langseiten aneinander liegenden Zellen nicht durch eingeschobene Scheidewände entstanden sind, sondern daß den Hyphen eine gemeinsame Ausbildung und Wachstumsweise zukommt, daß Hunderte von Hyphenfäden, die zu einem Strange oder Geflechte vereinigt sind, an den Spitzen mit gleicher Schnelligkeit und nach gleicher Richtung fortwachsen, gemeinsam dieselben Krümmungen und Windungen ausführen, sich manchmal in einzelne Strähnen teilen, dann wieder vereinigen und so die seltsamsten Gestalten bilden. Die sogenannte Herkuleskeule (Coryne pistillaris), die seltsamen, an Korallenstöcke erinnernden, unter den Namen Bärentatzen und Ziegenbart bekannten Gestalten der Clavaria, die in Hut und Strunk gegliederten Hutpilze, die Lorcheln und Morcheln, die absonderlichen Boviste und Erdsterne und noch viele andre Gestalten bauen sich aus Hyphensträngen und Hyphengeflechten auf, welche, wie gesagt, nichts andres als gehäufte Zellennetze sind. Seltener begegnet man den Verbänden aus Zellenplatten. Am auffallendsten tritt diese Bildung bei der meerbewohnenden Padina Pavonia hervor, deren ältere Exemplare sich aus mehreren über- und aufeinander sitzenden, dünnen, laubartigen Zellenplatten aufbauen. (Vgl. S. 548 und die Tafel bei S. 547.) Verbände aus Zellengeweben findet man an mehreren Florideen und namentlich an den großen braunen Tangen, die unter den Namen Cystosyra, Sargassum und Fucus bekannt sind, und von welchen zwei Arten, nämlich Cystosyra barbata und Sargassum linifolium, auf der Tafel bei S. 547 im Hintergrunde abgebildet sind. Die einzelnen Zellenvereine, die an diesen Gewächsen einen Verband bilden, präsentieren sich häufig wie Blätter, und es ahmen diese Tange mitunter auch die später zu besprechenden beblätterten Pflanzenstöcke nach. Auch die Wasserschwänze (Hydrurus) und die Armleuchtergewächse (Chara) erscheinen als Verbände aus Geweben. Während aber die einzelnen Zellenvereine bei Hydrurus sehr ungleichmäßig miteinander verbunden sind, zeigen sie bei den Arten der Gattung Chara eine äußerst regelmäßige, geometrische, wirtelige Anordnung.

Der ersten Abteilung von Verbänden, welche gleichmäßig zusammengesetzt sind, schließt sich die zweite an, deren Körper aus verschiedenartigen Zellenvereinen aufgebaut ist. Man

nennt sie **gemischte Verbände**. Jedes Glied eines solchen gemischten Verbandes für sich allein betrachtet stellt sich als ein homogener einfacher Zellenverein dar, die einfachen Vereine sind aber in der Weise kombiniert, daß in dem einen Falle Zellenreihen von einer Zellenplatte getragen werden, daß in einem andern Falle ein Zellengewebe den Ausgangspunkt für mehrere offene Zellennetze bildet u. s. f. Alle möglichen Kombinationen sind in der Natur realisiert, keine aber häufiger als jene, wo sich in der Mitte des ganzen Pflanzenkörpers ein cylinderförmiges Zellengewebe entwickelt zeigt, von dem sich seitlich Zellennetze oder Zellenplatten abgliedern. An mehreren Arten der Gattung Batrachospermum sieht man offene Netze, die von einer Mittelsäule aus Zellengeweben getragen werden, und auch an einem Lebermoose, nämlich an der Jungermannia trichophylla, verhält es sich ähnlich, nur finden sich bei dem letztern auch noch Zellenreihen, welche von dem untern



Lebermoose mit Zellenplatten, Zellennetzen und Zellenreihen in verschiedenen Übergangsformen: 1. Jungermannia pumila. — 2. Jungermannia quinquedentata. — 3. Polyotus magellanicus. — 4. Ptilidium ciliare. — 5. Trichocolea tomentella. — 6. Jungermannia trichophylla. Alle Figuren vergrößert.

Teile des mittelständigen Gewebes ausgehen (s. obenstehende Abbildung, Fig. 6). Mehrere Laub- und Lebermoose (z. B. Hookeria splendens und Jungermannia polyanthos) zeigen ein stengelförmiges, mittelständiges Gewebe, welches nicht Zellennetze, sondern einschichtige Zellenplatten trägt. Wie aus der hier eingeschalteten Abbildung hervorgeht, findet man übrigens in der Mooswelt alle möglichen Mittelstufen zwischen den mit Zellennetzen und den mit Zellenplatten besetzten mittelständigen Trägern, was hier darum besonders hervorgehoben werden mag, um damit zu konstatieren, daß alle auf die äußere Gestalt begründeten Einteilungen und Unterscheidungen eigentlich nur künstliche sind, daß scharfe Grenzen zwischen den unterschiedenen Formen nicht bestehen, daß es aber nichtsdestoweniger dem Bedürfnisse nach Übersichtlichkeit entspricht, wenn wir die verschiedenen Gestalten, so gut es eben geht, zusammenfassen und einteilen. Die gemischten Verbände, wie sie durch die oben abgebildeten Lebermoose dargestellt werden, beanspruchen übrigens auch insofern ein besonderes Interesse, als sie gewissermaßen das Vorbild für die Pflanzenstöcke sind, für jene so kompliziert aufgebauten Gestalten, welche die Botaniker früherer Zeiten fast ausschließlich berücksichtigten, wenn von der Gestalt der Gewächse die Rede war, und welche z. B. von der Goetheschen Metamorphosenlehre einzig und allein in Betracht gezogen wurden. Wir

sagen aber ausdrücklich nur Vorbild; denn in konsequenter Durchführung der hier versuchten Einteilung dürfen diese Formen nicht zusammengeworfen, es müssen vielmehr die in der Gestalt von Stöcken erscheinenden Pflanzen als weitere Gruppe unterschieden und den zusammengesetzten Verbänden angereiht werden.

Der Pflanzenstock ist stets gegliedert und jedes Glied desselben aus Zellenvereinen der verschiedensten Art zusammengesetzt. In diesem letztern Umstande liegt auch der Unterschied von den früher besprochenen Formen. Die Glieder eines einfachen sowohl als eines gemischten Verbandes sind einfache Zellenvereine: Zellenreihen, Zellenplatten und dergleichen; die Glieder eines Pflanzenstockes sind dagegen Kombinationen aus Zellenreihen, Zellenplatten, Zellennetzen und Zellengeweben. Die in einem Gliede des Pflanzenstockes kombinierten Zellenvereine hängen entwickelungsgeschichtlich zusammen. Immer ist eine Zelle der Ausgangspunkt für das betreffende Glied des Stockes; diese fächert sich; die Fächer werden neuerdings gefächert, und aus den einzelnen Fächern, beziehentlich Zellen entstehen hier plattenförmige, dort gewebeförmige Vereine, an dieser Stelle Zellenreihen, dort Zellennetze, die sich aber nicht isolieren, sondern beisammen bleiben und wunderbar eingerichtete kleine Bauwerke darstellen. Das Ergebnis dieser Gestaltungsvorgänge ist dann ein aus den verschiedenen Zellenvereinen zusammengesetztes Pflanzenglied mit ganz bestimmtem innern Baue, mit bestimmten äußern Umrissen und auch mit ganz bestimmten Aufgaben für das Leben des ganzen Pflanzenstockes. Trotz der Vielgestaltigkeit, welche die aus verschiedenen sich durchdringenden Zellenvereinen gebildeten Pflanzenglieder bei den vielen Tausenden der zu Stöcken auswachsenden Pflanzenarten zeigen, kann man dieselben doch auf einige wenige Grundformen, nämlich auf das Blatt, den Stamm und die Wurzel, zurückführen. Diese Glieder des Pflanzenstockes sind in den meisten Fällen so gruppiert, daß sich ein Stamm als Ausgangspunkt und Träger mehrerer Blätter und Wurzeln darstellt. In der einfachsten Form erscheint der Pflanzenstock als Keimling (Embryo) und als Knospe. Die letztere besteht aus einem sehr kurzen, mit dicht übereinander liegenden Blättern besetzten Stamme und wächst später zu einem Sprosse aus, welcher mit dem knospenerzeugenden mütterlichen Stocke im Aufbaue übereinstimmt, thatsächlich eine Wiederholung und Verjüngung desselben bildet. Bleiben die jungen Stöcke mit den alten verbunden, so nennt man sie Äste. Die Äste können neuerdings Knospen und aus diesen Zweige bilden, und es entstehen auf diese Weise vielverästete Pflanzengebäude, die oft einen bedeutenden Umfang erreichen, und welche als zusammengesetzte Pflanzenstöcke aufzufassen sind. In seltenen Fällen lösen sich die seitlich hervorsprossenden Knospen von dem sie erzeugenden Stocke ab, bevor sie noch ausgewachsen sind, und es bildet sich dann diese Knospe, welche man Brutknospe nennt, getrennt von der Mutterpflanze zu einem selbständigen Stocke aus. Man wird durch diesen Vorgang an die Schwarmbildung der Zellenvereine, von welcher früher (s. S. 548) die Rede war, erinnert.

Es ist hier auch am Platze, auf die Analogie der Pflanzenstöcke und Tierstöcke aufmerksam zu machen. In den Polypenstöcken bleiben die durch Knospung gebildeten Einzelpolypen mit dem Muttertiere in Verbindung und verhalten sich demnach ähnlich wie die Äste eines zusammengesetzten Pflanzenstockes. Dabei besteht zwischen den Teilen auch noch die merkwürdige gegenseitige Beziehung, daß die Verdauungsräume der Einzelpolypen untereinander kommunizieren, und daß die Säfte, welche von den Einzelnen erworben wurden, der Gesamtheit, also dem ganzen Stocke, zu statten kommen. Diese Verbindung der einzelnen Teile durch kommunizierende, saftleitende Räume ist auch in den Pflanzenstöcken hergestellt. Wir nennen diese verbindenden Leitungen Gefäßbündel und haben von denselben bereits wiederholt zu sprechen Gelegenheit gehabt. Sie sind eine Eigentümlichkeit der Pflanzenstöcke und fehlen allen andern Zellenverbindungsformen, namentlich auch den

gemischten Verbänden, von welchen manche, wie z. B. die Laubmoose, mit den Pflanzenstöcken große äußere Ähnlichkeit haben. Der in dieser Beziehung bestehende Gegensatz war auch die Veranlassung, daß man die Gewächse in betreff ihres Aufbaues in zwei große Gruppen teilte, in die Gruppe derjenigen, in deren Körper als architektonisches Element Gefäßbündel eingeschaltet sind, und solche, welchen diese Form des Zellenverbandes fehlt. Die erstern, welche man Gefäßpflanzen hieß, bilden eine natürliche Gruppe; die letztern, welche Lagerpflanzen genannt wurden, sind dagegen in ganz unpassender Weise vereinigt. Unter Lager (Thallus) verstand man eben die verschiedensten pflanzlichen Gebilde, welche der Gefäßbündel entbehren, also nicht nur alle möglichen Vereine und Verbände, sondern auch die Schleimpilzmassen, ja selbst die Bestände und Schwärme der einzelligen Pflanzen, also Dinge, welche in Beziehung ihrer Gestalt nicht leicht verschiedener gedacht werden könnten.

Auffallend und eine Erklärung förmlich herausfordernd ist die Erscheinung, daß die Mehrzahl der im Wasser lebenden Pflanzen der Gefäßbündel entbehrt, also nach der ältern Bezeichnung zu den Lagerpflanzen gehört, und daß anderseits diejenigen Gewächse, welche die Gestalt von Stöcken mit Gefäßbündeln angenommen haben, fast durchweg in die Abteilung der Erdpflanzen gehören. Noch genauer würde dieser Gegensatz in folgender Weise formuliert werden können: Gewächse, welche zeitlebens oder doch zur Zeit der Nahrungsaufnahme von Wasser umspült werden, Verwesungspflanzen, welche ganz in Humus, und Schmarotzer, welche ganz in ihre Wirte eingelagert sind, nehmen die Nahrung mit allen Zellen ihrer Oberfläche auf, und solche Gewächse bedürfen keiner gemeinsamen, alle Glieder durchziehenden und verbindenden saftleitenden Gebilde, jene Pflanzen dagegen, deren Blätter und Stengel von der Luft umspült werden, welche die flüssige Nahrung aus dem von den Wurzeln durchsponnenen Erdreiche beziehen, welche die in der Tiefe aufgenommene Flüssigkeit zu den oberirdischen Organen durch den Stamm hinauf in die Blätter und anderseits die in den grünen Geweben im Sonnenlichte gebildeten organischen Verbindungen in flüssiger Form wieder den wachsenden Teilen zuführen, bedürfen besonderer Leitungsvorrichtungen, und als solche sind eben in allen Erdpflanzen die Gefäßbündel ausgebildet. Zur Stabilität der Leitungsvorrichtungen ist es notwendig, daß die betreffenden Zellen und Gefäße verholzen, oder daß sich sogenannte mechanische Zellen, namentlich Hartbast, ein- und anlagern. So aber erklärt es sich wieder, daß auch in betreff der Festigkeit ein Gegensatz zwischen den Wasserpflanzen und Erdpflanzen besteht. Den zahlreichen unter Wasser lebenden Gewächsen fehlen nämlich Holz- und Bastzellen, während diese an den Erdpflanzen stets und zwar desto reichlicher entwickelt sind, je mehr die betreffende Pflanze an ihrem natürlichen Standorte auf Zug-, Säulen- und Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen ist. Gleichwie man Weichtiere und Skelettiere unterscheidet, ließen sich auch Weichpflanzen, ohne Holz und Hartbast, und Hartpflanzen, mit Holz und Hartbast, unterscheiden. Ich will hiermit nur ganz flüchtig auf diese Analogien hingewiesen haben und vermeide es, an dieser Stelle auf eine Erörterung derselben weiter einzugehen, weil dadurch leicht Mißverständnisse veranlaßt werden könnten. Bei Besprechung der Hypothesen, welche man in betreff der Entwickelungsgeschichte des ganzen Pflanzenreiches aufgestellt hat, werde ich im zweiten Bande des „Pflanzenlebens“ auf diese Analogien sowie auch auf die Beziehungen des Standortes zum Aufbaue und der Gestalt der Pflanzen zurückzukommen Gelegenheit haben, und dann sollen auf Grund der hier nur angedeuteten Vergleiche die Spekulationen über die Vervollkommnung der Pflanzen eine unbefangene Würdigung finden. Hier aber wären solche Erörterungen noch verfrüht, könnten am Ende selbst für naturphilosophische Spekulationen genommen und jenen an die Seite gestellt werden, von welchen in der Einleitung (S. 13) einige Proben zum besten gegeben wurden.

---

2. Gestalt der Blattgebilde.

Inhalt: Definition und Einteilung der Blätter. — Keimblätter. — Niederblätter, Mittelblätter, Hochblätter.

Definition und Einteilung der Blätter.

„Geschrieben steht: Im Anfang war das Wort. Hier stock' ich schon! Wer hilft mir weiter fort? Ich kann das Wort so hoch unmöglich schätzen, ich muß es anders übersetzen, wenn ich vom Geiste recht erleuchtet bin. Geschrieben steht: Im Anfang war der Sinn. Bedenke wohl die erste Zeile, daß Deine Feder sich nicht übereile! Ist es der Sinn, der alles wirkt und schafft? Es sollte stehn: Im Anfang war die Kraft. Doch auch, indem ich dieses niederschreibe, schon warnt mich was, daß ich dabei nicht bleibe." An diesen Spruch, welchen Goethe dem bibelübersetzenden, die Bedeutung der Worte abwägenden Faust in den Mund legt, wird der Naturforscher unwillkürlich erinnert, wenn er es versucht, Worte zu erklären, welche der Volksmund seit undenklichen Zeiten mit gewissen Vorstellungen verbindet, die später in die Sprache der Wissenschaft Eingang fanden und hier, einmal eingebürgert, allmählich auch für Dinge in Anwendung gebracht wurden, welche der ursprünglichen, landläufigen Vorstellung nicht mehr entsprachen. Wer in der gewöhnlichen Umgangssprache die Worte Blatt, Stamm und Wurzel gebraucht, ahnt wohl nicht, welche Schwierigkeiten es macht, kurz und bündig zu sagen, was die Botaniker unter diesen Bezeichnungen begreifen, niederzuschreiben, was die Männer der Wissenschaft unter einem Blatte, einem Stamme und einer Wurzel verstehen; er ahnt auch nicht, daß über die Frage, ob gewisse Gebilde der Pflanze als Blätter aufgefaßt und benannt werden sollen oder nicht, wiederholt heftiger Streit unter den Schriftgelehrten entbrannte, und daß die polemischen Schriften gerade über diese Frage sorgfältig gesammelt einen Band füllen würden, weit umfangreicher als der vorliegende, in welchem ich es versuche, das Leben der ganzen Pflanzenwelt zu schildern.

Wenn ein Botaniker des 16. und 17. Jahrhunderts bei der Beschreibung von Pflanzen das Wort Blatt gebrauchte, so geschah das ausschließlich im Sinne der Sprache des Volkes, er verstand unter Blatt ein flächenförmig ausgebreitetes Gebilde, wie es an den Zweigen der Bäume mit grüner Farbe als Laubblatt, mit roten, blauen und andern Farben geschmückt als Blumenblatt erscheint. Erst im 18. Jahrhundert und zwar nicht zum wenigsten unter dem Einflusse der Goetheschen Metamorphosenlehre (s. S. 10) wandten die Botaniker das Wort Blatt auch auf die dicken, fleischigen Schalen der Zwiebeln, auf die Schuppen der überwinternden Knospen, auf manche Dornen und Ranken, auf Staubfäden und Teile der Fruchtgehäuse an. Der Beweggründe hierzu waren dreierlei. Zunächst der Wunsch, die ungemein mannigfaltigen Erscheinungen übersichtlich zusammenzufassen, das Streben, ein einfaches allgemeines Naturgesetz zu finden, welchem sich die Gestalten der unzähligen einzelnen Lebewesen unterordnen, weiterhin die Analogie in betreff der Entstehung, die thatsächlich hundertfältig beobachtete Übereinstimmung der jüngsten Zustände später so abweichend sich ausgestaltender Gebilde und endlich auch noch der Umstand, daß mitunter aus den Dornen, Ranken, Staubgefäßen und Fruchtgehäusen, durch abnorme äußere Einflüsse, namentlich durch den Einfluß von Milben, Blattläusen und anderm Getiere, wirklich grüne Blätter werden. Man dachte sich nun eine Urform oder Grundform des Blattes, wobei selbstverständlich die am häufigsten zur Ansicht kommende Gestalt des grünen Laubblattes maßgebend war, und stellte sich vor, daß die andern aufgezählten Gebilde, welche zwar nicht ihrer Gestalt, wohl aber ihrem Ursprunge nach mit

den grünen Blättern übereinstimmen, aus diesen durch Verwandlung hervorgegangen seien, daß sie gleichfalls als Blätter zu gelten haben, freilich als umgestaltete oder **metamorphosierte Blätter**. Die Zwiebelschalen, die Staubfäden, die Teile des Fruchtgehäuses sind entsprechend dieser Auffassung metamorphosierte Blätter, wenn sie auch in ihrer fertigen Gestalt der Vorstellung, welche sich der Nichtbotaniker von einem Blatte macht, nicht entsprechen.

Als Ursache der Umgestaltung wurde anfänglich das Streben nach Vervollkommnung, die allmähliche Verfeinerung der in die ersten Anlagen der Blätter gelangenden Säfte und noch verschiedenes andre angenommen; in neuerer Zeit bringt man die Metamorphose mit der Teilung der Arbeit und mit der Änderung der Funktion in den Gliedern des betreffenden Pflanzenkörpers in Zusammenhang. Die grünen Laubblätter besorgen im Sonnenlichte die Bildung organischer Stoffe aus unorganischer Nahrung, sie eignen sich aber nicht gleichzeitig zur Ausbildung von Samen, noch weniger zur Erzeugung von Blütenstaub, würden auch als unterirdische Vorratskammern für Reservestoffe schlecht passen. Es nehmen daher gewisse Blätter des Pflanzenstockes andre für die eben genannten Aufgaben besser geeignete Gestalten an, oder mit andern Worten sie metamorphosieren sich entsprechend der ihnen zukommenden Funktion. Wir sehen daher zur Erzeugung des Pollens oder Blütenstaubes keine grünen Blätter, sondern Staubgefäße oder Pollenblätter, als Speicher für Reservestoffe im dunkeln Schoße der Erde kein grünes, flächenförmiges, ausgebreitetes Laub, sondern dicke, weiße, fleischige Schuppen entwickelt. Dem Ursprunge nach und in den ersten Entwickelungsstadien gleichen sich aber die den Pollen erzeugenden Staubgefäße, die grünen, im Sonnenlichte organische Stoffe zubereitenden Laubflächen und noch verschiedene andre bestimmten Aufgaben nachkommende Organe eines und desselben Pflanzenstockes so vollständig, daß man sie unter einem allgemeinen Begriffe zusammenfaßt und für diesen das Wort Blatt in Anwendung gebracht hat. Wie in einem Bienenstocke die ausgewachsenen Arbeitsbienen, die Drohnen und die Königin, entsprechend den durch Teilung der Arbeit bedingten verschiedenen Aufgaben, von verschiedener Gestalt sind, so zeigen auch die in den ersten Entwickelungsstadien übereinstimmenden Blätter eines und desselben Pflanzenstockes im ausgewachsenen Zustande, je nach der ihnen zukommenden Funktion, einen andern Aufbau, und wir kommen daher zu dem Schlusse: **die Verschiedenheit der zum Gedeihen und zur Erhaltung des ganzen Stockes zu leistenden Aufgaben und die dadurch veranlaßte Teilung der Arbeit bedingen an jedem Pflanzenstocke die Metamorphose der Blätter.**

Aus dem Gesagten geht auch hervor, daß eine **Definition des botanischen Blattes** an die ersten Entwickelungsstufen anknüpfen muß. Im frühsten Stadium erscheint jedes Blatt als ein seitlicher Wulst oder Höcker unter dem fortwachsenden Scheitel des Stammes, dessen Gewebe noch in lebhafter Fächerung begriffen ist, und es wächst dasselbe in einer für jede Art nach Zeit und Ort genau bestimmten Weise aus jenen Schichten des Stammes hervor, welche den zentralen Teil mantelförmig umgeben. Sein Wachstum ist ein begrenztes, und es läßt sich das **Pflanzenblatt** mit Rücksicht auf diese Merkmale definieren **als ein in geometrisch bestimmter Reihenfolge aus den äußern Gewebeschichten unter der fortwachsenden Spitze des Stammes entspringendes, seitlich ausladendes Glied mit begrenztem Wachstume.**

An vielen Laubblättern unterscheidet man deutlich einen flächenförmig ausgebreiteten grünen, von hellern Adern durchzogenen Teil, die **Spreite** (lamina), dann einen strangförmigen festen Träger dieser Spreite, den **Stiel** (pedicellus), und endlich noch jenes Stück, welches die Verbindung zwischen dem Blattstiele und dem betreffenden Teile des Stammes herstellt. Bei vielen Pflanzen ist dieses letztere Stück verbreitert, rinnenförmig vertieft, mitunter auch von einem häutigen Saume berandet, und der Stengel wird dann, wie die

Messerklinge von der Scheide, von diesem Stücke umfaßt. Man hat auch dieses Stück des Blattes die Scheide (vagina) genannt. Dort, wo das Blatt vom Stengel auslabet, findet man häufig auch zwei Auswüchse, einen rechts, einen links am rinnigen Scheidenteile. Dieselben haben meist die Gestalt häutiger Schuppen (s. Abbildung, S. 328, Fig. 6), sind manchmal auch blasig aufgetrieben, wie z. B. am Tulpenbaume (s. Abbildung, S. 326), und fallen, wenn das Blatt, dessen Basis sie schmücken, ausgewachsen ist, häufig ab. An andern Pflanzen haben sie die Form kleiner Lappen oder Öhrchen, sind grün gefärbt und erhalten sich so lange, als das ganze Blatt in Verbindung mit dem Stamme bleibt. Man hat diese Gebilde Nebenblättchen (stipulae) genannt.

Blätter, an welchen die Spreite, der Stiel, die Scheide und die Nebenblättchen deutlich ausgebildet sind, trifft man fast seltener als solche, wo der eine oder andre dieser Teile fehlt. Von den Nebenblättchen ist häufig keine Spur zu sehen. Manchmal ist nur die Blattscheide in Gestalt einer konkaven Schuppe oder Schale vorhanden, in andern Fällen fehlt der Blattstiel, und die Spreite sitzt dann unvermittelt dem Stamme auf (s. Abbildung, S. 89), oder es kommt auch vor, daß das grüne Gewebe der Spreite den ganzen Stengel wie ein Kragen umgibt, so daß man meinen könnte, es sei der Stengel durch dieses Blatt durchgesteckt oder durchgewachsen. Bilden zwei oder mehrere solcher Blätter mit sitzender Spreite einen Wirtel, so können sie, teilweise oder ganz verbunden, zu einer Schale oder einem Becher verwachsen sein, und in diesem Falle macht es wieder den Eindruck, als ob der Stengel, von dem diese Blätter ausgehen, durch die Mitte der verwachsenen Blattgruppe durchgesteckt wäre (s. Abbildungen auf S. 221). Mitunter sieht man das grüne Gewebe sitzender Blattspreiten in Form zweier grüner Leisten oder Flügel am Stengel herablaufen. Man hat für diese hier nur ganz kurz geschilderten Formen in der botanischen Kunstsprache die Ausdrücke sitzende Blätter (folia sessilia), durchwachsene Blätter (folia perfoliata), zusammengewachsene Blätter (folia connata) und herablaufende Blätter (folia decurrentia) eingeführt, zu welcher Terminologie die Aufklärung gegeben werden muß, daß man in früherer und wohl auch noch in neuester Zeit bei dem Beschreiben der Pflanzen die Blattspreiten als den auffallendsten Teil des Blattes auch kurzweg Blatt (folium) genannt hat.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Einteilung der Blätter mit Rücksicht auf ihre Ursprungsstelle aus dem Stamme, und es sind in dieser Beziehung zunächst Keimblätter und Sproßblätter zu unterscheiden. Erstere finden sich nur am Keimlinge oder Embryo, letztere an allen jenen Gebilden, welche unter dem Namen Sproß begriffen werden. Der Keimling, welcher sich aus der befruchteten Eizelle im Embryosacke auf eine später noch ausführlicher zu besprechende Weise entwickelt hat, stellt in manchen Fällen, so namentlich an mehreren tausend Orchideen, den zahlreichen Balanophoreen und Rafflesiaceen, den Arten der Gattung Sommerwurz (Orobanche), Wintergrün (Pirola), Wasserschlauch (Utricularia), Fichtenspargel (Monotropa), Schweinitzie (Schweinitzia), Teufelszwirn (Cuscuta) und noch mehreren andern zu den Überpflanzen, Verwesungspflanzen, Tierfängern und Schmarotzern zählenden oder in Ernährungsgenossenschaften lebenden Gewächsen, einen Gewebekörper dar, an welchem noch keine Spur einer Gliederung in Stamm und Blatt zu erkennen ist, oder besser gesagt, zur Zeit des Verlassens der Fruchthülle repräsentiert der Embryo einen Stamm, dem selbst die Anlagen von Blättern vollständig abgehen. In der Mehrzahl der Fälle aber ist an dem im Samen geborgenen Keimlinge eine deutliche Gliederung zu erkennen, und man sieht ein, zwei oder mehrere Blätter, welche von dem die Achse des Keimlinges bildenden Gewebekörper ausgehen. Diese Blätter sind die Keimblätter oder Kotyledonen. Das kurze Achsen- oder Stammstück, von welchem die Keimblätter entspringen, und welches sich wie das Piedestal der Keimblätter ausnimmt, nennt man Keimblattstamm (Hypokotyl). An dem einen Ende des Keimblattstammes

entwickelt sich ein Gewebekörper, welcher Würzelchen (radicula) geheißen wurde, auf der entgegengesetzten Seite ein Gewebekörper, welchen man Federchen (plumula) genannt hat (s. Abbildung, S. 559, Fig. 1, 2). Dieser letztere Gewebekörper liegt schon über der Stelle, wo von dem Keimblattstamme das Keimblatt oder das Keimblattpaar ausgeht. Er bildet den Ausgangspunkt für ein neues über den Keimblättern stehendes Stück des als Achse des Keimlinges gedachten Stammes und wird Sproßblattstamm (Epikotyl) genannt. Der Sproßblattstamm entspringt also aus dem Scheitel des Keimblattstammes, und die Grenze beider Stammstücke bildet die Ursprungsstelle des Keimblattes oder Keimblattpaares.

Der Sproßblattstamm ist im ruhenden Samen häufig nur ein kleiner Höcker oder Kegel, an welchem noch keine Anlagen von Blättern zu sehen sind. In der Mehrzahl der Fälle aber sind an demselben schon deutliche, wenn auch noch sehr kleine Blättchen zu bemerken, und wo dies nicht der Fall ist, entstehen doch früher oder später Wülste, welche die ersten Anlagen von Blättern sind. Jedes kurze Stammgebilde mit dicht übereinander stehenden und sich deckenden Blättern oder Blattanlagen wird aber Knospe (gemma) genannt, und es ist demnach das von den Botanikern in alter Zeit Federchen geheißene Gebilde als eine Knospe, als die Knospe des Keimlinges, aufzufassen, welche aus dem Scheitel des Keimblattstammes ihren Ursprung nimmt. Diese Knospe wächst nun bei der Keimung in die Länge; die bisher sehr kurze Achse derselben streckt sich, die sich deckenden Blättchen rücken auseinander, unter der fortwachsenden Spitze entstehen neue Blättchen, und so wird die Knospe zu einem Gebilde, das man Sproß (innovatio) genannt hat. Die Knospe ist demnach die erste Anlage eines Sprosses, und wenn es sich um die Gestalt eines zusammengesetzten Pflanzenstockes handelt, ist immer auf die Stellen, wo Knospen entstehen, eine besondere Rücksicht zu nehmen. Die erste Knospe wird an jedem von Grund aus neu aufzubauenden Pflanzenstocke an dem Scheitel des Keimblattstockes dicht über dem Keimblatte oder dem Keimblattpaare angelegt. Es bilden sich aber später auch an dem Sprosse, welchem die Erstlingsknospe des Keimlinges zum Ausgangspunkte diente, und zwar am öftesten dicht über der Stelle, wo Blätter von dem Stamme dieses Sprosses hervorgewachsen waren, Knospen aus. Viele dieser Knospen strecken sich, werden selbst wieder zu Sprossen, und wir sagen dann, der Sproß habe sich verästet, er habe Äste gebildet. Ein Teil der Knospen erfährt allerdings nur eine geringe Streckung, und man unterscheidet Langsprosse und Kurzsprosse, worauf später noch zurückzukommen sein wird.

Was uns nun hier besonders interessiert, sind die Blätter dieser Sprosse, welche samt und sonders unter dem Namen Sproßblätter begriffen werden. Dieselben erscheinen in betreff der Gestalt viel mannigfaltiger als die Keimblätter, was ja auch begreiflich ist, da die Aufgaben im Bereiche eines Sprosses viel zahlreicher sind und die Verteilung der verschiedenen Arbeiten auf die in verschiedenen Höhen des Sprosses ausladenden Blätter einen größern Formenreichtum bedingt. Gerade die außerordentliche Fülle von Gestalten erweckt aber das Bedürfnis, die Sproßblätter nach ihrem Ursprunge, ihrer gegenseitigen Lage und ihrer Altersfolge zu gruppieren, und man ist diesem Bedürfnisse auch längst nachgekommen, indem man sie als Niederblätter, Mittelblätter und Hochblätter unterschied. Zu unterst am Sprosse erblicken wir die Niederblätter. Sie wurden am frühsten entwickelt, ihre Anlagen waren häufig schon in der Knospe, aus welcher der Sproß hervorgegangen ist, zu sehen, sie präsentieren sich meistens nur als Scheidenteile von Blättern, als Schuppen, die des Chlorophylls entbehren, und zeigen ein verhältnismäßig geringes Ausmaß. Auf diese Niederblätter folgen weiter aufwärts am Sprosse die Mittelblätter, später entstanden, größer an Umfang, meistens mit grünen, nach den Sonnenstrahlen sich richtenden Blattspreiten als Laub ausgebildet, und über diesen endlich die Hochblätter, welche den Abschluß in der Stufenreihe der Blätter eines Sprosses bilden und an der Ausbildung und

Paarung der Geschlechtszellen unmittelbar oder mittelbar beteiligt sind. Nicht immer trägt ein und derselbe Sproß die dreierlei Blattgebilde gleichzeitig übereinander. Es gibt Pflanzenstöcke, welchen an allen ihren Sprossen die Mittelblätter fehlen. Eine sehr gewöhnliche Erscheinung ist auch die, daß ein zusammengesetzter Pflanzenstock an dem einen Sprosse keine Hochblätter, an dem andern keine Mittelblätter ausbildet, und an der auf S. 181 besprochenen Balanophoree Lathrophytum Peckoltii kommt es nur zur Bildung von Hochblättern, und man hat niemals weder ein Mittelblatt noch ein Niederblatt an dieser Pflanze gesehen.

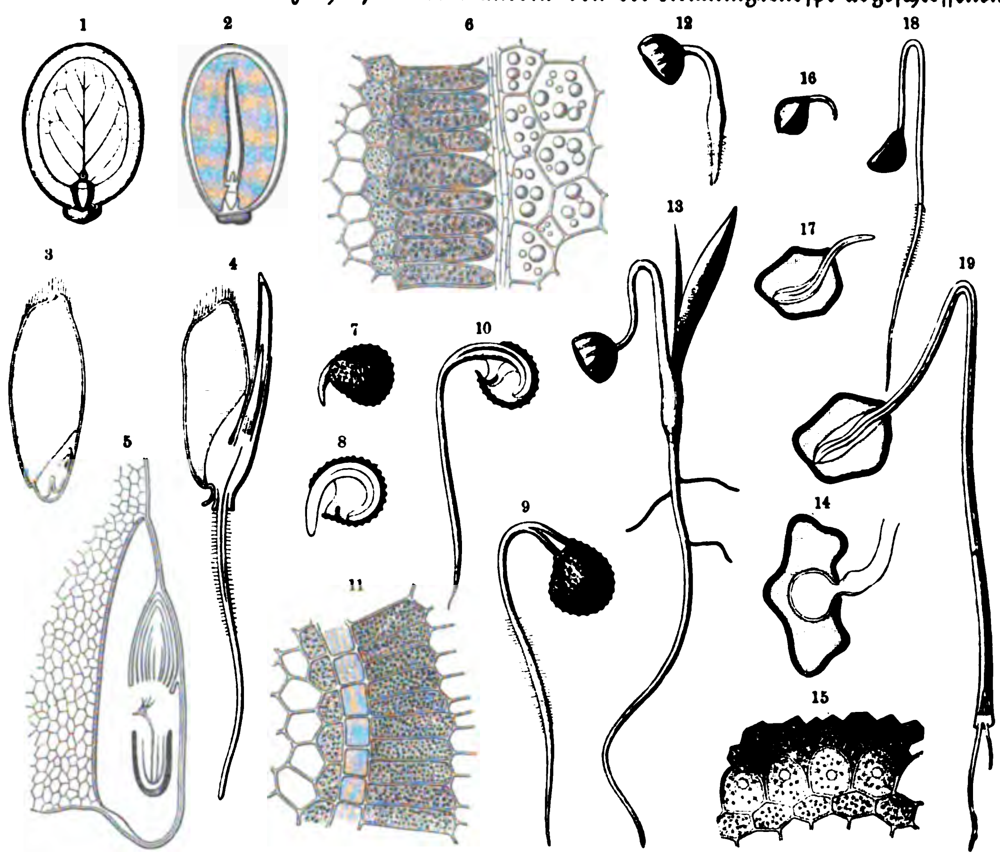
Es sollen nun die bisher nur mit Rücksicht auf ihre Altersfolge, auf ihre gegenseitige Lage und ihre Stellung am Stamme unterschiedenen Blätter auch in ihren bemerkenswertesten Gestalten geschildert werden und zwar stets im Hinblicke auf die Funktion, welche ihnen zukommt, nachdem ich die Überzeugung hege, daß die besondere Form immer durch eine besondere Lebensaufgabe bedingt wird, und daß die Erkenntnis der Beziehungen von Gestalt und Arbeitsleistung das höchste Problem der Wissenschaft von den Pflanzen ist.

Keimblätter.

Die Keimblätter entspringen aus dem Keimblattstamme und haben zunächst die Aufgabe, diesen Stamm sowie die Anlage des Würzelchens an dem einen und die kleine Knospenanlage an dem andern Ende mit Nahrung zu versorgen. Diese Teile des Keimlinges können, solange sie noch von der hautartigen Hülle des Samens, der sogenannten Samenhaut, umgeben sind, und auch noch später, wenn sie einmal diese Hülle durchbrochen haben, nicht sofort anorganische Nahrung aus der Umgebung aufnehmen und noch weniger dieselbe in organische Stoffe umwandeln, und doch bedürfen sie solcher Stoffe zum Wachstume, sie brauchen Material zum Aufbaue der ersten Grundfeste des Pflanzenstockes, die aus dem Samen hervorgehen soll. Ist das Würzelchen des Keimlinges einmal in das Erdreich eingedrungen, sind aus demselben Saugzellen hervorgewachsen, welche die Befähigung haben, im Wasser gelöste Nährsalze der Umgebung zu entnehmen, und haben sich einmal aus dem Knöspchen, welches die Anlage des Sproßblattstammes bildet, grüne Blätter an das Sonnenlicht vorgeschoben, die im stande sind, Nährgase aufzunehmen, dann ist der junge neu angesiedelte Pflanzenstock sozusagen auf eigne Füße gestellt, er kann sich von nun an selbständig ernähren. Bis zum Zeitpunkte dieser Selbständigkeit bezieht er aber seine Nahrung aus einem Speicher, welcher im Samen angelegt ist, lebt von Stoffen, die noch von der Mutterpflanze herstammen, von einem Vorrate an Mehl und Fett, welcher, in besondern Zellkammern deponiert, dem von der Mutterpflanze ausgebildeten, sich aber von ihr ablösenden Keimlinge als erste Wegzehrung mit auf die Reise gegeben wurde. Solcher für den reisefertigen Keimling noch von der Mutter angelegter Nahrungsbehälter finden wir in dem Samen von zweierlei Art. *Bisweilen bilden die Keimblätter selbst den Speicher für die später zu verwendende Nahrung.* In diesem Falle wurden von der Mutterpflanze in die Zellräume der Keimblätter Reservestoffe abgelagert, die nun, wenn die geeignete Zeit gekommen, und wenn das Bedürfnis sich eingestellt hat, zum weitern Ausbaue des Keimblattstammes und insbesondere des aus ihm entspringenden Würzelchens an dem einen und des Knöspchens an dem andern Ende verwendet werden. Im zweiten Falle erscheint *innerhalb der umhüllenden Samenhaut neben dem Keimlinge noch ein besonderer Speicher* ausgebildet, dessen Zellkammern ganz mit Fett und Mehl (Stärke- und Proteinkörner) vollgepfropft sind. Das Gewebe dieser besondern dem Keimlinge angelagerten Vorratskammer setzt sich in den meisten Fällen aus Zellen zusammen, die neben der Keimzelle im sogenannten Embryosacke entstanden sind, und wird dann Endosperm genannt; weit seltener bildet sich dieses Gewebe außerhalb des Embryosackes im Eikerne aus und heißt dann Perisperm.

Für die hier zu erörternden Vorgänge ist diese Unterscheidung bedeutungslos, und es sollen daher im nachfolgenden Endosperm und Perisperm unter der Bezeichnung besonderes Speichergewebe zusammengefaßt werden.

Wo die Keimblätter selbst das Speichergewebe bilden, ist die Ernährung des an dem einen Ende von dem Würzelchen, an dem andern von der Keimlingsknospe abgeschlossenen



Keimblätter: 1. Längsschnitt durch den Samen von Ricinus; das vordere Keimblatt entfernt. — 2. Längsschnitt durch denselben Samen, senkrecht auf die beiden parallelen Keimblätter. — 3. Längsschnitt durch ein Weizenkorn (Triticum vulgare); 4fach vergrößert. — 4. Längsschnitt durch dasselbe Weizenkorn, nachdem die Keimung bereits stattgefunden; 4fach vergrößert. — 5. Der Keimling mit dem Schildchen im Weizenkorne; 80fach vergrößert. — 6. Saugzellen an der Oberfläche des Schildchens im Weizenkorne; 210fach vergrößert. — 7 Keimender Same der Kornrade (Agrostema Githago); etwas vergrößert. — 8. Derselbe im Längsschnitte. — 9. Kornradenkeimling im spätern Entwickelungsstadium. — 10. Derselbe im Längsschnitte. — 11. Saugzellen an der Oberfläche des dem Speichergewebe anliegenden Keimblattes im Samen der Kornrade; 210fach vergrößert. — 12. Keimender Same der Tradescantia Virginica; etwas vergrößert. — 13. Derselbe in einem spätern Entwickelungsstadium. — 14. Querschnitt durch das knopfförmige im Speichergewebe eingebettete Ende des Keimblattes von Tradescantia Virginica; 10fach vergrößert. — 15. Saugzellen an der Oberfläche dieses knopfförmigen Endes; 180fach vergrößert. — 16. Keimender Same der Sommerzwiebel (Allium Cepa); natürliche Größe. — 17. Derselbe im Durchschnitte; etwas vergrößert. — 18. Keimling der Sommerzwiebel im spätern Entwickelungsstadium; natürliche Größe. — 19. Derselbe im Querschnitte; etwas vergrößert.
Vgl. Text, S. 557, 560, 565, 567 und 570.

Keimblattstammes ziemlich einfach. Es vollzieht sich die Wandlung und Wanderung der Reservestoffe so, wie ich sie früher (S. 434) geschildert habe. In dem Maße, als auf Kosten der zugeleiteten Baustoffe das Würzelchen des Keimlinges zur Wurzel auswächst und aus der Keimlingsknospe ein beblätterter Sproß wird, verlieren die Zellkammern der Keimblätter ihren Vorrat an Mehl und Fett, und ihre Ammenrolle ist ausgespielt. Manche derselben übernehmen zwar nachträglich noch eine andre Rolle, aber als Speichergewebe haben sie aufgehört, für den sich weiter entwickelnden Keimling von Bedeutung zu sein. Weit komplizierter

gestaltet sich die Ernährung des Keimlinges in jenen Fällen, wo der ihm von der Mutterpflanze mitgegebene Vorrat an Mehl und Fett nicht in den Keimblättern aufgespeichert, sondern in einem besondern Speichergewebe neben dem Keimlinge deponiert ist.

Bei dieser Sachlage kommt den Keimblättern eine wesentlich andre Funktion zu, sie spielen nämlich die Rolle des Vermittelns, und ihre erste Aufgabe besteht darin, daß sie die im Speichergewebe verflüssigten Baustoffe übernehmen und zu den wachsenden Teilen des Keimlinges hinleiten. Um das zu erreichen, ist es notwendig, daß jene Zellen der Keimblätter, welche dem besondern Speichergewebe anliegen, die Fähigkeit besitzen, aus diesem organische Verbindungen anzusaugen und weiter zu leiten. Sie sind auch thatsächlich in ähnlicher Weise ausgebildet wie die Saugzellen an den Wurzeln der Verwesungspflanzen oder an den Saugwarzen der Schmarotzer und wie diese als Saugzellen zu bezeichnen. Bei manchen Arten, z. B. an der Kornrade (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 11), bleiben sie kurz, bilden eine zusammenhängende Zellenlage, die an das besondere Speichergewebe angrenzt, und erinnern an die Saugzellen der Nestwurz (s. S. 106); an andern, wie z. B. an Tradescantia (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 15), stellen sie sich als Papillen dar, sind seitlich voneinander ganz oder teilweise getrennt und gemahnen an die Saugzellen der Gentianawurzeln (s. S. 106), und wieder in andern Fällen, wie z. B. an dem Weizen (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 6), verlängern sie sich zur Zeit des Saugens um das Zehn- bis Zwölffache und weichen dann auch an ihren Seitenwänden auseinander, so daß man durch sie an die Saugzellen von Cuscuta (s. S. 162) erinnert wird. Ist der Keimling ganz in das besondere Speichergewebe eingebettet, so kann es vorkommen, daß alle seine oberflächlichen, an das nahrungbietende Gewebe angrenzenden Zellen, also nicht nur die an der Außenseite der Keimblätter, sondern auch des Würzelchens und Stämmchens, als Saugzellen wirksam sind; ist dagegen der Keimling nur einseitig dem Speichergewebe angeschmiegt, so sind die Saugzellen auch nur an dieser einen Seite ausgebildet. Der Keimling der Kornrade, welcher wie ein Hufeisen um das besondere Speichergewebe gekrümmt ist (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 8), zeigt z. B. die Saugzellen nur an der Unterseite desjenigen seiner beiden Keimblätter, welches der Mitte des Samens zugewendet ist. Manchmal ist es nur ein sehr beschränkter Teil des Keimblattes, dessen Zellen als Saugzellen dem besondern Speichergewebe angelegt sind, wie beispielsweise bei der Sommerzwiebel, wo nur das Ende des Keimblattes Saugzellen trägt (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 17 und 19), oder bei Tradescantia, wo sich das Ende des Keimblattes als eine knopfförmige Saugwarze darstellt (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 14). Als interessante Erscheinung verdient auch hervorgehoben zu werden, daß in manchen Fällen, wo das besondere Speichergewebe sehr voluminös und der Keimling sehr klein ist, der Umfang der aufsaugenden Zellfläche des Keimblattes sich im Verlaufe der Keimung vergrößert. In dem Maße, als die Reservestoffe ausgesaugt werden und das ausgesaugte Speichergewebe schwindet, rückt das aufsaugende Stück des Keimblattes nach. Das knopfförmige Ende des Keimblattes von Tradescantia, anfänglich nur von geringer Größe, wird desto umfangreicher, je mehr das Speichergewebe abmagert. Auch das aufsaugende hohlkegelförmige oder blasenförmige Ende des Keimblattes vieler Palmen, so z. B. der Dattel- und der Kokospalme, vergrößert sich um so viel, als sich das Speichergewebe verkleinert, bringt so weit vor, als sich das auszusaugende Gewebe zurückzieht, und nimmt den von letzterm verlassenen Raum ein (s. Abbildung auf S. 566, Fig. 7—9). Bei den Binsen und Seggen beobachtet man ein ähnliches Verhältnis. An den Keimlingen in den Samen des Kaffees und des Epheus sind die Keimblätter anfänglich sehr klein, wachsen aber während des Keimungsprozesses immer weiter und weiter in das Speichergewebe hinein, dasselbe scheinbar zurückdrängend und nachgerade den ganzen Samenraum ausfüllend. Sehr eigentümlich verhalten sich auch die Keimblätter der Doldenpflanzen. Der

kleine Keimling liegt im Samen am Grunde des Speichergewebes, und es ragen seine winzigen Keimblätter in einen mit ausgeleerten Zellen erfüllten Raum hinein, der aber rings von den mit Fett erfüllten Zellen des Speichergewebes umgeben ist. Wenn nun die Keimung beginnt, so wachsen die beiden Keimblätter in die Länge, durchdringen die mittlere lockere Zellschicht und legen sich an das auszusaugende Speichergewebe an.

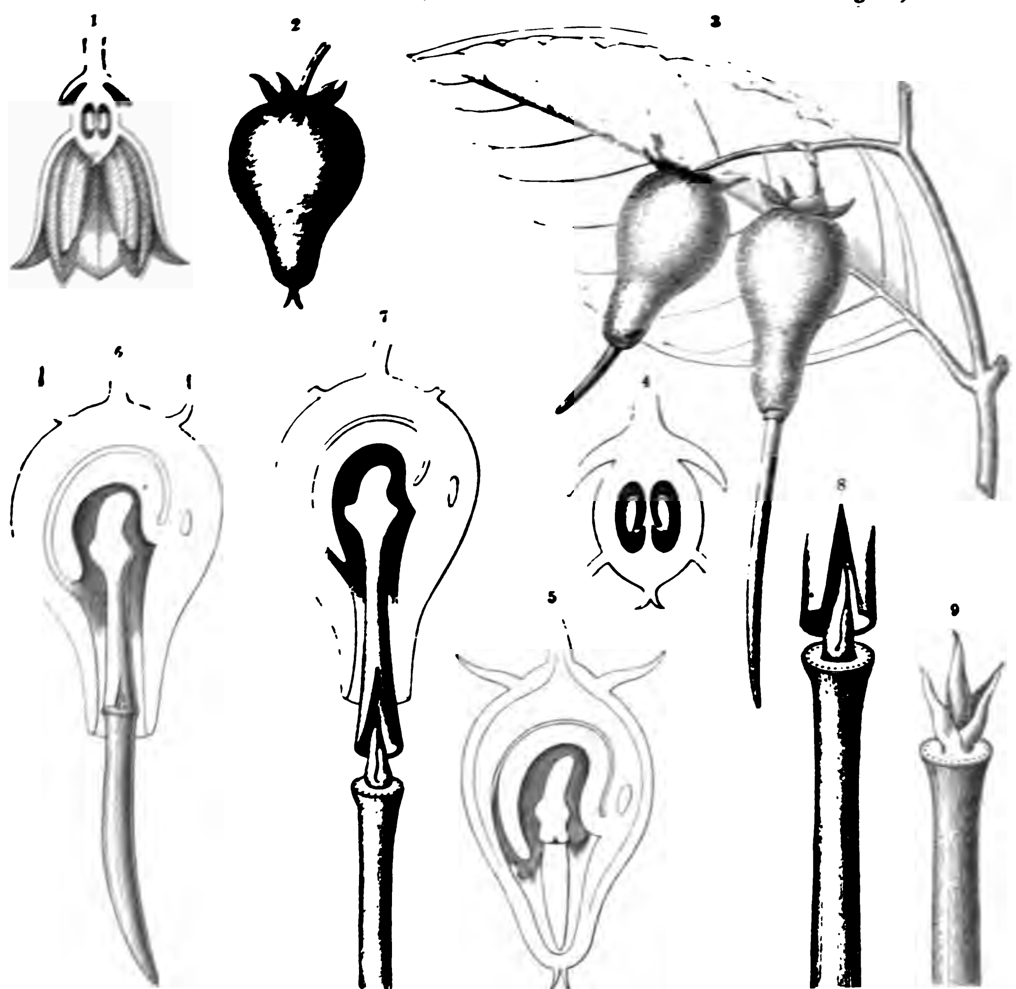
Es kann im allgemeinen als richtig gelten, daß die Berührungsfläche zwischen dem saugenden und dem auszusaugenden Teile desto größer ist, je rascher sich die Aufsaugung mit Rücksicht auf die lokalen klimatischen Verhältnisse vollziehen muß. Am besten geeignet zur raschen Verflüssigung und Aufsaugung ist das Stärkemehl, viel länger braucht das Fett, um in die zur Aufsaugung geeignete Form überführt zu werden, und am längsten dauert die Wandlung von Zellstoffschichten. Dem entsprechend erscheint jenem Speichergewebe, dessen Zellen mit Stärkemehl vollgefüllt sind (z. B. im Samen der Nelken, Melden, Knöteriche und Gräser), der Keimling entweder mit breiter Fläche angelagert, oder er ist hufeisenförmig oder spiralig mit seinen langen Keimblättern um dasselbe gewunden. Dagegen ist bei den Pflanzen, deren besonderes Speichergewebe vorwaltend mit Fett erfüllt ist, die Berührungsfläche eine viel kleinere, und die Samen jener Gewächse, deren Reservenahrung zum guten Teile aus Zellstoff besteht (z. B. jene der Dattel), zeigen gewöhnlich nur eine sehr beschränkte Stelle, durch welche Keimblatt und Speichergewebe verbunden sind. Bei diesen letztern dauert aber auch die Verflüssigung und Aufsaugung monatelang, während sich dieselben Prozesse in den mehlreichen Samen der Gräser und Melden in wenigen Tagen vollziehen.

An die erste Aufgabe der Keimblätter, welche in der Ernährung des Keimblattstammes und der mit ihm in Verbindung stehenden ersten Grundlagen des neuen Pflanzenstockes besteht, reiht sich in vielen Fällen eine zweite Funktion an, nämlich das *Hinausschieben des Keimblattstammes und der ihn krönenden Knospe aus dem Bereiche der Samenhülle*. Nachdem der Keimling von der Mutterpflanze ausgebildet ist, verhält er sich eine Zeitlang ganz ruhig, gewissermaßen in Schlaf versunken und erscheint in dieser Periode gegen die seine Existenz bedrohenden äußern Schädlichkeiten in der verschiedensten Weise durch Hüllen geschützt. Wo ein besonderes Speichergewebe vorhanden ist, findet man den Keimling häufig in der Mitte desselben eingelagert, oder er ist in Gruben, Nischen und Höhlungen desselben geborgen. Das Speichergewebe ist manchmal hornartig oder beinhart, wie z. B. in den Samen der Dattel und des Kaffees, und dann ist schon durch dieses Gewebe ein trefflicher Schutz für den schlafenden Keimling hergestellt. Unter allen Umständen ist der Keimling von der Samenschale umgeben, welche bei einigen Pflanzen aus einer, bei den meisten Pflanzen aus zwei Schichten besteht. Bei sehr vielen Gewächsen ist der Same überdies noch von der sich niemals öffnenden Fruchthülle und zu allem Überflusse noch von vertrocknenden oder fleischig werdenden Teilen der Blüte umwallt. Die Samenschale bildet eine Klause, welche nur an einer sehr beschränkten Stelle das Eindringen von Feuchtigkeit in das Innere gestattet; sie ist auch nichts weniger als nachgiebig und dehnbar, und wenn daher der Inhalt anschwillt und das Wachstum des Keimlinges beginnt, so muß der zur weitern Entwickelung bestimmte Keimlingsteil entweder durch die eben erwähnte Pforte den Ausgang finden, oder es wird durch ihn die Schale gesprengt, oder aber es finden beide Arten des Durchbruches kurz nacheinander statt.

Dieser Vorgang, bei dem die Keimblätter in der hervorragendsten Weise beteiligt sind, spielt sich in einer zwar für jede Art genau bestimmten, aber bei den verschiedenen Arten ins Unabsehbare wechselnden Weise ab. Mitunter zeigen zwar größere Abteilungen des Pflanzenreiches eine recht auffallende Übereinstimmung, es kommt aber auch vor, daß sehr nahe verwandte Arten einer und derselben Gattung in Beziehung auf das Erlösen des Keimlingsstockes aus den Banden der Samenschale bedeutend abweichen. Um doch eine

vorläufige Übersicht zu gewinnen, werden in der nachfolgenden Darstellung acht verschiedene Fälle unterschieden, und es soll jeder an einem bekannten Beispiele erläutert werden.

Es sei gleich mit einem der merkwürdigsten Fälle, nämlich mit der Keimung der am Saume der Meeresküsten in den Tropen der Alten und Neuen Welt in ausgedehnten Be-



Rhizophora conjugata: 1. Blüte, der Länge nach durchschnitten. — 2. Frucht. — 3. Zweig mit zwei Früchten; die kegelförmigen Spitzen von den vorgeschobenen Keimblattstämmen durchbrochen. — 4. Längsschnitt durch den Fruchtknoten; um das Doppelte vergrößert. — 5. Längsschnitt durch eine Frucht. Das mützenförmige Keimblatt von dem Speichergewebe umgeben; der Keimblattstamm, aus der Samenschale hervorgewachsen, erreicht mit seinem untern Ende die hohlkegelförmige Spitze der Fruchthülle. — 6. Längsschnitt durch eine Frucht, zwei Monate später. Die Röhre des Keimblattes hat sich verlängert und den Keimblattstamm aus der Fruchthülle hinausgeschoben. — 7. Längsschnitt durch eine Frucht, acht Monate später. Der Keimblattstamm reißt von den röhrenförmigen Teile des Keimblattes ab. — 8. Derselbe, etwas vergrößert. — 9. Oberes Ende des Keimblattstammes mit der Knospe des Keimlinges. Die beiden untern Niederblätter der Knospe abstehend, die beiden obern noch zusammenschließend. Vgl. Text, S. 563.

ständen wachsenden Mangroven, begonnen. Die Art, welche ich als Beispiel wähle, und von welcher der ganze Entwickelungsgang auch durch die obenstehende Abbildung anschaulich gemacht ist, heißt Rhizophora conjugata. Der Längsschnitt durch die nickende Blüte dieser Art (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1 u. 4) zeigt im Fruchtknoten zwei gleich große Fächer, und in jedem Fache befindet sich die Anlage eines Samens. Nach der Befruchtung fallen die Blumenblätter und Pollenblätter ab, der Kelch bleibt zurück, und der bedeutend

vergrößerte Fruchtknoten nimmt die Gestalt eines stumpfen Kegels an, dessen Scheitel die beiden in trockne Spitzen umgewandelten Narben trägt (s. Abbildung auf S. 562, Fig. 2). Wird der Fruchtknoten in diesem Entwickelungsstadium der Länge nach durchschnitten, so kann man an dem Durchschnitte (s. Abbildung auf S. 562, Fig. 5) sehen, daß das eine Fach samt der Samenanlage verkümmert ist, während das zweite sowie die darin befindliche Samenanlage sich sehr erweitert und vergrößert haben. An der Anlage des Samens, welche der ursprünglichen Mittelwand des Fruchtknotens einseitig aufsitzt, unterscheidet man jetzt bereits deutlich den Keimling und das ihn umgebende besondere Speichergewebe. Beide zusammen erfüllen die eiförmige, nach unten zu offene Höhlung, welche von der dicken Samenhaut oder Samenschale gebildet wird. Der Keimling besteht aus dem mit seinem freien Ende nach abwärts, beziehentlich gegen die Spitze des hängenden Fruchtknotens gewandten Keimblattstamme und dem Keimblatte, welches einen Blindsack darstellt, der unten röhrig ist und oben einer phrygischen Mütze nicht unähnlich sieht. Das Keimblatt überdeckt wie eine Sturzglocke das Knöspchen des Keimlinges, welches mitten aus dem Scheitel des Keimblattstammes herauswächst. An dem untern röhrenförmigen Teile des Keimblattes bemerkt man zahlreiche Gefäßbündel, welche in den Keimblattstamm führen und diesem die Nahrung zuführen. Ein Würzelchen am untern Ende des Keimblattstammes ist hier nicht ausgebildet, und was man früher für eine Wurzel ansah, wird richtiger als Keimblattstamm gedeutet. Sonderbarerweise lösen sich die Früchte der Mangroven nach der Ausbildung des Keimlinges nicht von den Zweigen des Baumes ab, sie springen auch nicht auf, um die Samen ausfallen zu lassen, sondern die Samen keimen hier eingeschlossen in der noch am Baume hängenden Frucht. Dabei wächst der Keimling innerhalb der Samenschale auf Kosten der Reservenahrung, in welche er eingebettet ist, und nimmt diese Nahrung vermittelst des Keimblattes auf. Die ganze Außenseite des obern mit einer phrygischen Mütze verglichenen Keimblatteiles ist mit Saugzellen förmlich tapeziert, und die von diesen Saugzellen der umgebenden schleimig-gallertartigen Masse entzogenen Stoffe werden durch die früher erwähnten Gefäßbündel dem Keimblattstamme zugeführt. Da die Menge der aufgespeicherten Nahrung trotzdem nicht abnimmt, und da sie auch nicht im Verhältnisse zu der Größe des heranwachsenden Keimlinges steht, so kann mit Sicherheit angenommen werden, daß dasjenige, was durch das Keimblatt ausgesaugt und zum Wachstume des Keimblattstammes verwendet wird, von seiten der Mutterpflanze noch fortwährend ersetzt wird.

Wenn der Keimblattstamm 2 cm lang geworden ist, streckt sich auch der röhrenförmige Teil des Keimblattes und schiebt den Keimblattstamm so lange vor, bis dessen Spitze die Höhlung der Frucht durchbohrt hat und an das Tageslicht kommt (s. Abbildung auf S. 562, Fig. 3 u. 6). Der Keimblattstamm verlängert sich nun innerhalb eines Monates beiläufig um 4 cm und zeigt nach Verlauf von 7 bis 9 Monaten ein Ausmaß von 30 bis 50 cm in die Länge und 1,5 cm in die Dicke. Er ist im untern Drittel am dicksten und dort auch wie eine Ahle schwach bogenförmig gekrümmt. Sein Gewicht beträgt nun ungefähr 80 g. Diese langen, schweren, aus den Früchten heraushängenden Keimblattstöcke pendeln nun bei jeder Luftströmung hin und her, endlich reißen die Gefäßbündel, durch welche noch immer die Verbindung mit dem röhrenförmigen Teile des Keimblattes erhalten war (s. Abbildung auf S. 562, Fig. 7 u. 8), der Keimling fällt in die Tiefe und bohrt sich mit seinem untern Ende tief in den Schlamm ein. Sogar eine 1/2 m hohe Wasserschicht wird von ihm mit solcher Gewalt durchfahren, daß er in dem darunter befindlichen Schlamme aufrecht stehend stecken bleibt. Wenige Tage danach fällt auch die Fruchthülle mit dem in derselben zurückbleibenden Keimblatte vom Baume. An dem obern Ende des abgefallenen Keimblattstammes sieht man nun die früher noch immer von dem röhrenförmigen Keimblatte überdeckte

Knospe. Die vier kleinen grünen Niederblätter dieser Knospe wachsen nur wenig in die Länge; dagegen entwickeln sich an dem aus der Knospe hervorgehenden Sprosse alsbald große, elliptische, glänzend grüne Blätter, welche als Laub thätig sind, sowie anderseits sowohl am untern, in den Schlamm eingebohrten Ende des Keimblattstammes als auch von dem Sproßblattstamme Wurzeln entstehen, welche einerseits die Befestigung der Pflanze in



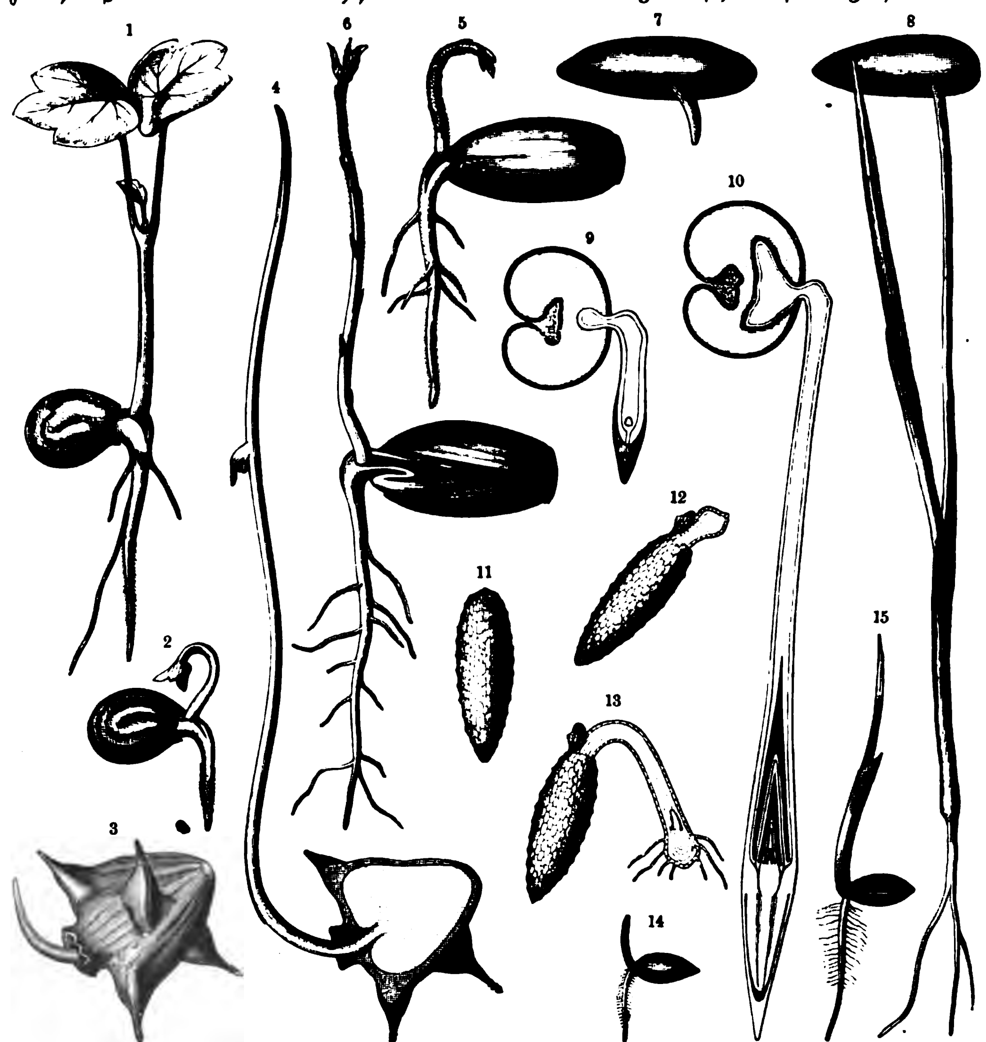
Mangroven bei Goa, an der westlichen Küste von Vorderindien, zur Zeit der Ebbe.

dem schlammigen, bei der Flut überschwemmten, bei der Ebbe trocken gelegten Boden, anderseits die Zuführung von Nährsalzen vermitteln. In der Umgebung alter, wie auf Stelzen gestellter Mangrovebäume sieht man oft Dutzende von solchen abgefallenen und im Schlamme eingebohrten Keimblattstämmen stecken und an den aus ihrem obern Ende hervorgegangenen kurzen Sprossen bald nur Niederblätter, bald schon Mittelblätter ausgebildet. Die obenstehend eingeschaltete, nach einer von Ransonnet bei Goa an der Westküste von Vorderindien nach der Natur gezeichneten Skizze ausgeführte Abbildung zeigt das alles in anschaulichster Weise.

Als zweite Form des Keimblattes ist jene hervorzuheben, welche bei den Gräsern vorkommt und von den Botanikern Schildchen (scutellum) geheißen wurde. Obschon verschiedentlich abgeändert, ist dasselbe doch bei den mehreren tausend verschiedenen Arten der Gräser in der Hauptsache gleich ausgebildet. Wie das als Beispiel gewählte Weizenkorn (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 3, 4, 5) zeigt, ist der kleine Keimling der Gräser mittels seines Keimblattes dem einen Ende des großen mehlreichen besondern Speichergewebes seitlich angeschmiegt. Die freien Ränder des nur mit wenigen Gefäßen durchzogenen, von dem kurzen Keimblattstamme ausgehenden Keimblattes wölben sich über die Keimlingsknospe, wickeln dieselbe mitunter förmlich ein und bilden eine scheidenartige Umhüllung derselben. Nach abwärts setzt sich das Keimblatt in einen Sack fort, der das Würzelchen des Keimlinges einschließt. Wenn nun durch Vermittelung der auf S. 560 geschilderten Saugzellen des Keimblattes die Stoffe aus dem besondern Speichergewebe zu dem Keimblattstocke, dem Würzelchen und der Keimlingsknospe gelangen, so wachsen diese Teile rasch in die Länge; das Würzelchen durchbricht die sackartige Hülle, bringt in den Boden und verwächst mittels reichlicher Saugzellen mit den Partikelchen der Erde, die Knospe aber streckt sich, und die Blätter wachsen aus der scheidenartigen Umhüllung des Keimblattes dem Lichte zu. Die untern Blätter sind meist Niederblätter und ohne grüne Spreite, die auf sie folgenden Mittelblätter zeigen aber sämtlich lange, grüne Spreiten, welche als Laub funktionieren. Das Mehl des Speichers ist bei dem raschen Wachstume des Keimlinges bald vollständig aufgezehrt. Sobald dies geschehen, hat das Keimblatt keine weitern Aufgaben zu erfüllen, es vertrocknet und geht zu Grunde; die junge Graspflanze aber ist jetzt in den Stand gesetzt, mit ihren Wurzeln und ihren grünen Laubblättern selbständig die zum Weiterbaue nötigen Stoffe zu erzeugen.

Die dritte Form des Keimblattes zeigen die Keimlinge der Seggen und Binsen, der Schwertlilien, Schneeglöckchen, Narzissen, Aloen und Mäusedornarten, der Blütenschilfe, Bananen und Palmen und noch zahlreicher andrer Gewächse, welche in die Abteilung der Monokotylen gestellt werden. Der Keimling ist bei allen diesen Pflanzen im Speichergewebe des Samens eingelagert, und das von dem Keimblattstamme ausgehende Keimblatt bildet eine Scheide, welche die dem Keimblattstamme aufsitzende Knospe ringsum einhüllt. Das Keimblatt ist nur an seiner Spitze mit Saugzellen versehen und steht nur dort mit den Zellen des Speichergewebes in Verbindung. Bei der Keimung streckt sich das Keimblatt in die Länge und schiebt den Keimblattstamm mit der Keimlingsknospe und dem Würzelchen aus dem Samen hinaus. Die aus dem Speichergewebe von dem zurückbleibenden Teile des Keimblattes angesaugte Nahrung wird aus dem Innern des Samens zu dem hinausgeschobenen Keimlinge durch den verlängerten Keimblattteil geleitet. Der Keimling ist mit Hilfe dieser ihm zugeführten Nahrung in die Lage gesetzt, sein Würzelchen zu einer in den Boden eindringenden Saugwurzel und die Blattanlagen der Knospe zu grünen Blättern auszubilden. Von diesem hier nur ganz im allgemeinen skizzierten Vorgange lassen sich zahlreiche Modifikationen unterscheiden, welche insbesondere durch die verschiedene Richtung und Länge des aus dem Samen herausgeschobenen Keimblattstückes bedingt werden. Bei den auf sumpfigem Boden oder selbst unter Wasser im Schlamme keimenden Seggen, Binsen und Cypergräsern krümmt sich das vorgeschobene, den Keimlingsstamm und die Knospe mit dem ersten Sproßblatte umschließende Stück des Keimblattes, nachdem es aus dem Innern des Samens hervorgekommen, nach aufwärts (s. Abbildung auf S. 566, Fig. 14, 15), während dasselbe bei den Arten der Gattungen Yucca und Tradescantia in einem Bogen nach abwärts wächst (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 12) und bei jenen Cykadeen und Palmen, welche auf einem oberflächlich der Dürre ausgesetzten Boden wachsen, sofort nach dem Hervortreten aus dem Samen sich umbeugt und senkrecht in die tiefern, stets etwas feuchten

Erdschichten hinabbringt (s. untenstehende Abbildung, Fig. 7, 9, 10). Bei der Arekapalme und den schlanken Chamäboreen ist das aus dem Samen herausgeschobene scheidenförmige Stück des Keimblattes sehr kurz, während es sich bei den Comelynaceen sehr verlängert, so zwar, daß es den Eindruck macht, als wäre die Verbindung des scheidenförmigen, den Keim-



Keimende Samen und Keimlinge: 1. Keimling der Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus). — 2. Derselbe in einem frühern Entwickelungsstadium. — 3. Wassernuß (Trapa natans), aus welcher der Keimling hervordringt. — 4. Späteres Entwickelungsstadium. — 5. Keimling der österreichischen Eiche (Quercus Austriaca). — 6. Derselbe weiter entwickelt. — 7. Same der Dattel (Phoenix dactylifera), aus welcher der Keimling hervordringt. — 8. Derselbe acht Wochen später, nachdem der Keimling bereits Wurzel und Niederblätter entwickelt hat. — 9. Junger Keimling der Dattel im Längsschnitte. — 10. Älterer Keimling der Dattel im Längsschnitte. — 11. Same des Rohrkolbens Typha Schuttleworthii. — 12. Derselbe mit hervortretendem Keimlinge. — 13. Derselbe in späterm Entwickelungsstadium. — 14, 15. Keimlinge der Segge Carex vulgaris. — Fig. 1—8 in natürlicher Größe; 9, 10 achtfach; 11—13 vierzigfach; 14, 15 sechsfach vergrößert. Vgl. Text, S. 565—570.

blattstamm und die Knospe umfassenden Stückes mit dem im Samen stecken gebliebenen saugenden Teile mittels eines langen Fadens hergestellt. Auch bei der Dattelpalme und Kokospalme sowie den Cykadeen Zamia, Ceratozamia und Encephalartos ist dieses Mittelstück des Keimblattes sehr verlängert. Die Figuren 7—10 der obenstehenden Abbildung zeigen den Dattelkeimling in allen seinen Entwickelungsstufen. Solange das Keimblatt

aus dem Innern des Samens noch nicht hervorgewachsen ist, bildet dasselbe eine mantelförmige Umhüllung der von dem Keimblattstamme getragenen Knospe und setzt sich auch in eine sackartige Hülle des Würzelchens fort. Bei der Keimung streckt sich dann das Keimblatt stark in die Länge, das vorgeschobene Ende stellt eine Scheibe dar, das Mittelstück wird zu einem zusammengerollten stielartigen Gebilde, und das im Samen zurückgebliebene Stück bildet einen Hohlkegel, welcher dort, wo die Aufsaugung der Reservestoffe stattfindet, blasenförmig erweitert ist (s. Abbildung auf S. 566, Fig. 9 u. 10). In noch späterm Stadium ist das Würzelchen zur Wurzel ausgewachsen und hat seine sackartige Hülle durchbrochen, während sich anderseits die Niederblätter des Sproßblattstammes gestreckt haben und sich aus der Keimblattscheide hervordrängen (s. Abbildung auf S. 566, Fig. 8). Die Gärtner verwenden sogenannte Setzstöcke, Apparate, mit deren Hilfe die Samen und Keimpflanzen in beliebige Tiefen der Erde eingepflanzt werden. Unwillkürlich wird man an diese Setzstöcke erinnert, wenn man sieht, wie die röhrenförmig zusammengerollte, stielartige, aus dem Samen wachsende Keimblattscheide den Keimling nicht nur aus dem Innern des Samens hervorschiebt, sondern ihn immer tiefer und tiefer in die gegen das Austrocknen geschützten Erdschichten hinabdrängt und ihn dort an geeigneter Stelle und in der passendsten Lage förmlich einpflanzt. Bei manchen Palmen wird die Keimblattscheide $^1/_2$ m lang, und es vergehen viele Monate, bis sämtliche Reservestoffe der riesigen, oft bis zu 8 kg schweren Samen durch die Keimblattscheiden dem in der Tiefe von $^1/_2$ m eingepflanzten Keimlinge zugeführt werden.

Die vierte Form des Keimblattes zeigen zahlreiche Arten des Lauches (Allium) und die Rohrkolben (Typha). Das Hervorschieben des Keimlinges durch das Keimblatt erfolgt zwar in ähnlicher Weise wie bei den zuletzt besprochenen Pflanzen, aber es besteht der wesentliche Unterschied, daß hier das Keimblatt, nachdem es mit seiner Spitze die Reservestoffe des Samens ausgesaugt hat, die Höhlung der Samenschalen ganz verläßt, ergrünt und dann als Laubblatt thätig ist. In dem Samen des Knoblauches (Allium sativum) ist der Keimling in die Mitte des Speichergewebes eingelagert (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 17). Sobald die Keimung beginnt, schiebt sich das Keimblatt aus der Samenschale vor, wächst zuerst nach aufwärts, beugt sich aber dann knieförmig um, so daß es mit dem vorgeschobenen, den Keimblattstamm und die Knospe umhüllenden Ende unter das Niveau des Samens herabkommt (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 18 u. 19). Hier entwickeln sich aus dem Würzelchen sowie aus der Basis des Keimblattstockes lange Wurzelfasern, welche das Keimblatt durchbrechen, sich in die tiefern Erdschichten hinabsenken und den Keimling an der Stelle, wo ihn das Keimblatt hingesetzt hat, festhalten. Die Spitze des Keimblattes steckt noch immer im Samen und saugt hier noch die letzten Reste der Reservestoffe. Sind diese endlich erschöpft, so wächst der eine Schenkel des knieförmig gebogenen Keimblattes in die Höhe, und es wird dadurch die Spitze aus der entleerten Samenschale herausgezogen. Das alles erfolgt unter der Erde. Es handelt sich nun darum, daß das Keimblatt auch an das Sonnenlicht kommt, um dort zu ergrünen. Das geschieht dadurch, daß das Knie des in die Höhe wachsenden Keimblattes wie ein Keil wirkt und sich so durch die Erde nach oben Bahn bricht. Wesentlich gefördert wird dieses Durchbrechen der Erde dadurch, daß sich an der konvexen Seite des Kniees Zellen ausgebildet haben, welche im Gegensatze zu den andern Oberhautzellen des Keimblattes etwas vorgewölbt sind und stark turgeszieren, eine Einrichtung, welche bei Behandlung der die Erde durchbrechenden Sproßblätter ausführlicher besprochen werden soll. Ist endlich auch das freie Ende des Keimblattes aus der Erde herausgezogen, so verschwindet die knieförmige Beugung, und das Keimblatt, das rasch grün geworden ist, streckt sich gerade.

Ganz seltsam ist die Keimung bei den Rohrkolben (Typha). Die kleinen, durch Luftströmungen von dem Kolben abgehobenen Früchtchen, welche auf die Oberfläche des Wassers

kommen, erhalten sich dort einige Tage hindurch schwimmend. Nun öffnet sich die Fruchthülle, und der längliche Same sinkt durch das Wasser langsam in die Tiefe. Die Schale des Samens ist an dem einen Ende zugespitzt, an dem andern mit einem äußerst zierlichen Deckel verschlossen (s. Abbildung auf S. 566, Fig. 11). Bei dem Hinabsinken durch das Wasser ist das spitze Ende nach unten, das zugedeckelte nach oben gekehrt. Am Grunde der Wasseransammlung angekommen, erhält sich der Same zwischen den abgestorbenen aufragenden Stummeln der Stengel und Blätter in der angegebenen Stellung, und es beginnt nun alsbald die Keimung. Das Keimblatt wächst in die Länge, stößt den Deckel auf und kommt an der Mündung der Samenschale zum Vorscheine (s. Abbildung auf S. 566, Fig. 12). Dasselbe beschreibt nun, weiterwachsend, einen Bogen und erreicht mit jenem Ende, in welchem der Keimblattstamm und die Knospe eingehüllt sind, den schlammigen Boden. Kaum hat es diesen berührt, so verlängern sich die betreffenden Oberhautzellen und werden zu langen, schlauchförmigen Gebilden, welche in den Schlamm eindringen und so das Ende des Keimblattes festhalten (s. Abbildung auf S. 566, Fig. 13). Später kommen auch Würzelchen zum Vorscheine, welche, vom Keimblattstocke ausgehend, das bescheidende Keimblatt durchbrechen. Inzwischen ist die Reservenahrung von der im Samen zurückgebliebenen Spitze des Keimblattes aufgesaugt worden, es wird diese Spitze aus der Samenschale herausgezogen, das Keimblatt streckt sich gerade, ergrünt und funktioniert jetzt als Laubblatt.

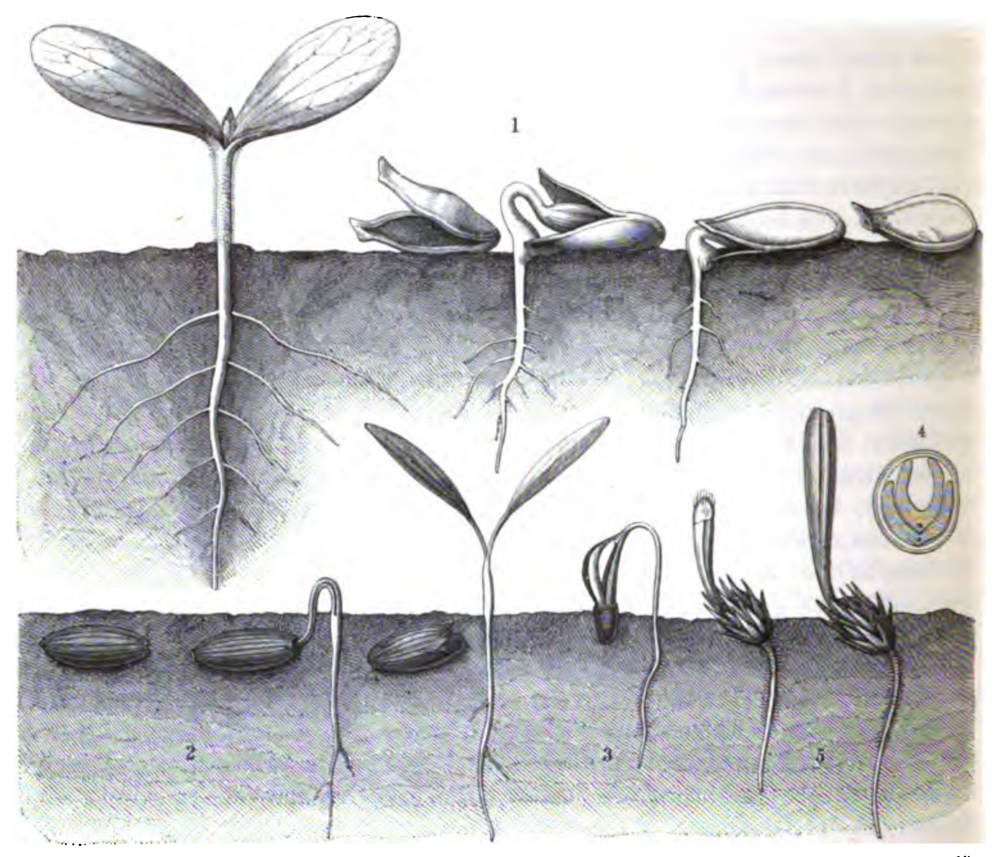
In den bisher besprochenen vier Fällen zeigt der Keimling nur ein Keimblatt, und es enthält jeder Same neben dem Keimlinge noch ein besonderes Speichergewebe. In dem nun zu besprechenden fünften Falle dagegen ist der Keimling mit zwei Keimblättern ausgerüstet, und es sind die Baustoffe, welche dem Keimlinge für die erste Zeit seines Wachstumes zur Verfügung stehen, in ihm selbst und zwar ganz vorzüglich in den Keimblättern aufgespeichert. Es gehören in diese Gruppe die Pflanzen mit pflaumenartigen Früchten sowie die meisten Arten mit Samen und Früchten von nußartigem Ansehen, aber auch solche, deren Samen nur eine lederige, weniger feste Umhüllung zeigen. Beispielsweise seien die Walnuß und Haselnuß, die Eiche, Kastanie und Roßkastanie, Mandel, Kirsche, Aprikose und Pfirsich, der Lorbeer und die Pimpernuß, die Seerosen (Nymphaea, Nuphar), die Kapuzinerkresse (Tropaeolum), die Päonien und Windröschen (Paeonia und Anemone), der Hundswürger (Cynanchum) und das Immenblatt (Melittis) genannt. Die beiden von dem Keimblattstamme ausgehenden Blätter erfüllen in den Samen aller dieser Pflanzen fast den ganzen von der Samenschale umschlossenen Raum, und die kleine Keimlingsknospe sowie das Würzelchen sind zwischen den großen Keimblättern ähnlich wie ein getrocknetes Pflänzchen zwischen den Papierbogen eines Herbariums eingelagert. Auch sind die Keimblätter dick, gedunsen, prall, im Durchschnitte von fleischigem oder speckigem Ansehen und immer verhältnismäßig schwer. Manche derselben sind wellenförmig verbogen, und selten machen sie den Eindruck eines Blattes. Mitunter sind beide Keimblätter vorn zu einer Masse verwachsen, wie z. B. an der Kastanie und Roßkastanie, den Seerosen und der Kapuzinerkresse, und dann ist alles das, was man gemeinhin als Attribut eines Blattes anzusehen pflegt, vollständig beseitigt. Wenn solche Samen Wasser aus der Umgebung aufgenommen haben, zu keimen und zu wachsen beginnen, wird zunächst die Samenhaut oder Samenschale an dem einen Scheitel des Samens gesprengt, und das Würzelchen sowie das Stämmchen und auch die dicken Stiele der beiden Keimblätter werden durch den Riß herausgeschoben. Die Keimblätter selbst bleiben dagegen von der Samenschale umhüllt in der Höhlung stecken, verlieren in dem Grade, als sie Stoffe an die eben genannten wachsenden Teile abgegeben haben, an Gewicht, magern ab und erscheinen endlich ganz erschöpft, geschrumpft und ausgesaugt. Das vorgeschobene Würzelchen hat sich dagegen sichtlich vergrößert, krümmt sich nach abwärts, bringt senkrecht in den Boden ein und treibt Seitenwürzelchen mit

Saugzellen, welche nun aus dem Erdreiche Nahrung auffaugen; das Knöspchen, welches zwischen den kurzen, dicken Stielen der beiden Keimblätter wie eingeklemmt war, hat sich dagegen emporgekrümmt, streckt sich ziemlich rasch in die Länge und wird zu einem Sprosse, der bei der Kapuzinerkresse sofort grüne, gelappte Laubblätter, bei andern Pflanzen, wie z. B. bei der Eiche, zuerst schuppenförmige Niederblätter und erst über diesen grüne, laubartige Mittelblätter entwickelt. In der Abbildung auf S. 566, Fig. 1, 2 u. 5, 6, sind diese Verhältnisse sowohl an der Kapuzinerkresse als auch an der Eiche zur Anschauung gebracht. Die Keimblätter hatten hier eine dreifache Rolle zu spielen; zunächst fungierten sie als Behälter der Reservestoffe und zugleich als schützende Hülle für den kleinen, eingeklemmten Keimling, und dann ward ihnen die Aufgabe zu teil, den Keimling aus der Höhlung der Samenschale so weit herauszuschieben, daß dessen Glieder nach Bedürfnis sich strecken und teils dem Lichte, teils dem dunkeln Grunde der Erde zuwachsen konnten. Haben sie diese ihre Aufgabe gelöst, so sterben sie ab, die ausgesaugten Keimblätter bleiben in der Höhlung der Samenschale stecken, gehen wie diese in kurzer Zeit in Verwesung über und zerfallen so vollständig, daß dann an der Stelle, wo sie mit dem Keimblattstamme in Verbindung standen, kaum noch eine Spur ihres Ansatzes zu erkennen ist.

Eine seltsame Form der Keimblätter, die sechste in der hier vorgeführten Reihe, wird bei der Wassernuß (Trapa) beobachtet. Das eine der Keimblätter ist klein, schuppenartig und enthält keine Reservestoffe, das andre ist sehr groß und erfüllt so vollständig die Nuß, daß es aussieht, als habe jemand Stearin in das Innere der Frucht gegossen, welches dann erstarrte und zu einer festen Masse wurde. Die Wassernuß keimt auf schlammigem Grunde unter Wasser; sobald die Keimung beginnt, wird aus dem Loche der Nuß ein weißer, mit einem Regenwurme zu vergleichender Körper vorgeschoben, welchen manche als Keimblattstamm deuten, der aber richtiger als Wurzel aufzufassen ist (s. Abbildung, S. 566, Fig. 3). Dieses Gebilde verlängert sich unter dem Wasser und wächst geradlinig in die Höhe. Von den beiden Keimblättern verläßt nur das eine, welches als kleine Schuppe dem kurzen Keimblattstamme aufsitzt, die Höhlung der Nuß, das andre große bleibt in der Nuß stecken und steht mit dem Keimblattstamme durch einen langen Stiel in Verbindung. Dieser lange Stiel, der sehr kurze Keimblattstamm und die Wurzel gehen so unvermittelt ineinander über, daß sie zusammen als ein einziger ungegliederter weißer Strang erscheinen (s. Abbildung auf S. 566, Fig. 4). Durch die stielartige Verbindung werden die in dem großen, dicken Keimblatte deponierten Baustoffe den im Wasser wachsenden Teilen des Keimlinges zugeführt, was ziemlich lange Zeit in Anspruch nimmt. Bis dieses Keimblatt alle seine Reservestoffe abgegeben hat, ist die Wurzel schon so weit erstarkt, daß sie aus der Umgebung Stoffe aufzunehmen vermag; sie krümmt sich gegen den schlammigen Boden herab und setzt sich in demselben mit zahlreichen Seitenfasern fest. Auch die Knospe, welche an der Basis des kleinen, schuppenförmigen Blattes am Keimblattstamme angelegt wurde, ist inzwischen ausgewachsen und zu einem Sprosse geworden, welcher unten Niederblätter, weiter aufwärts grüne Mittelblätter entwickelt und zur Oberfläche des Wassers hinaufwächst. Das ausgesaugte Keimblatt verläßt niemals den Innenraum der Nuß, sondern geht wie diese allmählich in Verwesung über. Es liegt demnach hier der seltene Fall vor, daß das eine Keimblatt aus der Höhlung des Samens, beziehentlich der Frucht vorgeschoben wird, während das andre dort zurückbleibt.

Im siebenten Falle zeigt der Keimling zwei, seltener mehr Keimblätter, welche im Verlaufe der Keimung aus der Höhlung der Samenschale herausgezogen werden, sich im Sonnenlichte ausbreiten, ergrünen und zu Laubblättern werden. Es kommt vor, daß solche Keimblätter zuerst als Saugorgane thätig sind, daß sie nämlich im Samen einem besondern Speichergewebe anliegen, diesem die zum ersten Wachstume nötigen Baustoffe entziehen und

erst dann aus der Höhlung der Samenschale herauskommen, wenn der Nahrungsspeicher erschöpft und ausgeleert ist. So verhält es sich z. B. bei der schon wiederholt genannten Kornrade (Agrostemma Githago), deren beide aufeinander liegende Keimblätter hufeisenförmig um das mit Mehl vollgepfropfte Speichergewebe gekrümmt sind, nach Verbrauch dieser Nahrung aber aus der Samenschale gezogen werden, auseinander weichen und ergrünen (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 7—10). Weit seltener birst die Samenschale im Beginne der Keimung; die zusammenschließenden großen Keimblätter werden mitsamt dem umhüllenden



Entbindung der Keimblätter aus der Höhlung der Samen- oder Fruchtschale: 1. Kürbis (Cucurbita Pepo). — 2. Stinkasant (Scorodosma Asa foetida). — 3. Einjährige Immortelle (Helichrysum annuum). — 4. Querschnitt durch die innerhalb der Fruchtschale gerollten Keimblätter der einjährigen Immortelle. — 5. Cardopatium corymbosum (nach Klebs). — Fig. 1—3 in natürlicher Größe; Fig. 4—5 etwas vergrößert. Vgl. Text, S. 570—573.

Speichergewebe herausgezogen, das Aussaugen der Reservenahrung findet erst nach dem Verlassen der Samenschale statt, und diesem folgt dann das Aufklappen und Ergrünen der beiden Keimblätter im Sonnenlichte. Die auf S. 559, Fig. 1 u. 2, abgebildeten Samen von Ricinus zeigen diesen Entwickelungsgang, der im ganzen genommen zu den Seltenheiten gehört. Dagegen kommt es wieder sehr häufig vor, daß jedes besondere Speichergewebe fehlt, daß die wenige Reservenahrung in den Keimblättern selbst deponiert ist, und daß alsbald nach dem Beginne der Keimung die beiden Keimblätter die Höhlung der Samenschale verlassen und zu grünen Laubblättern werden. Als Beispiel hierfür ist die Entwickelung eines Keimlinges vom Kürbisse (Cucurbita Pepo) in der obenstehenden Abbildung, Fig. 1, dargestellt.

Die Art und Weise, wie die Keimblätter aus der Höhlung der Samenschale herausgezogen werden, ist sehr eigentümlich, und es verlohnt sich, die bemerkenswertesten Einrichtungen in dieser Beziehung etwas genauer in Augenschein zu nehmen. Eine der auffallendsten beobachtet man an dem Samen und Keimlinge des Kürbisses, welcher auf S. 570 in natürlicher Größe abgebildet erscheint. Der Same des Kürbisses ist ziemlich groß, von zwei Seiten her abgeplattet, im Umrisse eiförmig, an dem einen Ende gerundet, an dem andern Ende etwas verschmälert, wie zusammengezogen und quer abgestutzt und an dieser Stelle mit einem kleinen Loche versehen. Werden diese Samen ausgestreut, so kommen sie mit einer der abgeplatteten Seiten auf den Boden zu liegen und verkleben dort leicht mit Erde, zumal dann, wenn sie an ihrer Oberfläche mit dem klebrigen Safte des Fruchtfleisches überzogen sind, was bei der natürlichen Aussaat in der freien Natur stets der Fall ist. Da der von der Samenhaut umschlossene Keimling gerade ist, so erhält dieser eine zur Fläche des Keimbettes parallele Lage. Wenn nun die Keimung beginnt, so wird zuerst das Würzelchen durch die erwähnte kleine Öffnung an dem einen Ende des Samens hervorgedrängt; dasselbe krümmt sich sofort und wächst auf Kosten der ihm aus den beiden Keimblättern zugeführten Nahrung ziemlich rasch nach abwärts in die Erde hinein, wo es Seitenwürzelchen entwickelt und sich durch reichliche Saugzellen mit den Erdteilchen fest verbindet. Aber auch der Keimblattstamm, in welchen die Wurzel übergeht, wächst anfänglich nach abwärts in die Erde hinein. Freilich nur kurze Zeit. Alsbald ändert sich nämlich die Richtung seines Wachstumes, und es treibt derselbe jetzt in entgegengesetzter Richtung zum Lichte empor. Sofort nach dieser Richtungsänderung beginnt aber auch das Herausziehen der Keimblätter. Wie aus der bisherigen Darstellung hervorgeht, ist der Keimblattstamm oben und unten fixiert: unten durch die in der Erde festgewachsene Wurzel, oben durch die am Boden festgeklebte Samenschale, in welcher die Keimblätter stecken. Sobald er nun in die Länge wächst, bildet er einen starken Bogen, ja manchmal eine förmliche Schlinge, deren konvexe Seite nach oben gewendet ist (s. Abbildung auf S. 570, Fig. 1). Notwendigerweise übt er dabei einen starken Zug nach beiden Enden aus. Die in der Erde gut gefestigte Wurzel wird hierdurch in ihrer Lage nicht mehr verrückt, dagegen machen sich die Wirkungen des Zuges an den vom obern Ende des Keimblattstammes ausgehenden, noch im Samen steckenden Keimblättern geltend; die Schale des Kürbissamens wird gesprengt, die Keimblätter werden aus dem klaffenden Spalte herausgezogen, der Keimblattstamm richtet sich gerade empor, die beiden Keimblätter rücken auseinander und wenden ihre obere Seite dem Lichte zu (s. Abbildung auf S. 570, Fig. 1 links).

Es wird die Spaltung der Samenschale und das Herausziehen der Keimblätter bei dem Kürbisse noch wesentlich dadurch gefördert, daß an der Grenze des Würzelchens und des Keimblattstammes ein vorspringender Wulst ausgebildet ist, der sich an den untern Rand der harten Samenschale anstemmt und diesen an den Boden drückt, so daß nach erfolgter Sprengung der obere Teil der Samenhaut von dem untern wie ein Deckel emporgehoben wird. Auch der Keimling der Sinnpflanze (Mimosa pudica) sowie jener von Cuphea entwickeln an dem Keimblattstamme einen solchen Wulst, der sich an den untern Teil der Samenschale anstemmt und so die Sprengung und das Herausziehen begünstigt. Dort, wo der Same von einer Fruchthülle umschlossen wird, sind an dieser bald Leisten und Ecken, bald vorspringende Ränder des vertrockneten Kelches und dergleichen ausgebildet, welche dem Wulste des Keimblattstammes als Stützpunkt dienen. Es findet durch diese Darstellung auch das Vorkommen zahlreicher Bildungen, welche man früher für verkümmerte, der Pflanze nutzlose Organe gehalten hatte, seine naturgemäße Erklärung.

Manche Pflanzen, so namentlich gewisse Doldengewächse, entwickeln einen sehr kurzen Keimblattstamm. Derselbe krümmt sich nicht, übt keinen oder doch nur einen unbedeutenden

Zug auf die Keimblätter aus und wäre nicht im stande, die Keimblätter aus der Hülle der Samen- oder Fruchtschale zu entfesseln. Bei allen diesen Pflanzen sind nun die Keimblätter lang gestielt, und die Stiele übernehmen die Rolle des Keimblattstammes, wenigstens insofern, als durch sie das Herausziehen der Spreite der Keimblätter in ähnlicher Weise vermittelt wird. Recht auffallend tritt diese Erscheinung bei der Keimung des Stinkasantes (Scorodosma Asa foetida) hervor, welche durch die Fig. 2 der Abbildung auf S. 570 zur Anschauung gebracht ist. Die von dem sehr kurzen Keimblattstamme ausgehenden Stiele der Keimblätter wachsen rasch in die Länge und nehmen dieselbe S-förmige Krümmung an, welche der Keimblattstamm des Kürbiskeimlinges zeigt; sie üben auch auf die noch in der Fruchtschale steckenden Spreiten der Keimblätter eine ähnliche Wirkung aus und ziehen sie förmlich heraus. Sobald das geschehen, strecken sich die Stiele sofort gerade, und die von ihnen getragenen Spreiten wenden ihre obere Seite dem Lichte zu.

Nahezu ein Drittel aller Samenpflanzen zeigt Keimblätter, deren Entbindung aus den Fesseln der Samen- oder Fruchthülle in der oben dargestellten Weise erfolgt, und es ist diese Form der Keimblätter auch diejenige, welche am öftesten beobachtet und beschrieben wurde. Weit seltener ist der Fall, daß die beiden Keimblätter an dem einen Ende der Fruchthülle zum Vorscheine kommen, während an dem gegenüberliegenden Ende das Würzelchen hervorwächst. In diesem Falle, welcher als der achte der hier festgestellten Reihe zu gelten hat, ist der Keimling gerade, der Keimblattstamm ist kurz und trägt zwei dickliche Keimblätter, deren dicht aneinander liegende Spitzen einen stumpfen Kegel bilden. Ist einmal das Würzelchen vorgeschoben, und hat sich dasselbe in der Erde gefestigt, so verlängert sich gleich danach der Keimblattstamm in entgegengesetzter Richtung, ohne sich zu krümmen, schiebt die zusammenschließenden Keimblätter vor sich her und drängt diese aus der Fruchtschale hinaus. Es muß hierbei das Gewebe der Fruchtschale, welches über dem Keimblattkegel liegt, durchstoßen werden, was aber keine Schwierigkeiten macht, da dieses Gewebe aus dünnwandigen Zellen besteht. Ist einmal an dem einen Pole das Würzelchen, an dem andern das Keimblattpaar hervorgewachsen, so erscheint der Keimling in seiner Mittelhöhe von der ausgeleerten Fruchtschale wie von einem Ringe oder einer Hülse umgeben (s. Abbildung auf S. 570, Fig. 5). Die zu einem festen Kegel zusammenschließenden Spitzen der Keimblätter müssen, nachdem sie die Höhlung der Schale verlassen haben, meistens auch noch die darüberliegende Erde durchbohren, und erst, wenn dies geschehen ist, können sie sich entfalten und ergrünen. Bei diesem Durchstoßen der Erde sind die Keimblätter so manchen Fährlichkeiten ausgesetzt, und es finden sich darum immer besondere Bildungen, welche die vordringenden Spitzen zu schützen die Aufgabe haben, namentlich Reste der durchstoßenen Fruchtschale oder stark turgeszierende Zellen, ähnlich wie an dem knieförmig gebogenen, die Erde durchstoßenden Keimblatte der Laucharten (vgl. S. 567).

Wenn Keimblätter über die Erde kommen, welche aus der Frucht- oder Samenschale unterirdisch herausgezogen wurden, so wird bei dem Geradestrecken des als Zugapparat wirksamen Keimblattstammes ein Druck auf die über dem Keimlinge liegenden Erdschichten ausgeübt, die Keimblätter nehmen die erdigen Teile gewissermaßen auf ihren Rücken und heben sie empor, ohne sie eigentlich zu durchstoßen oder zu durchbohren. Dabei ist die Gefahr einer Verletzung jedenfalls eine geringe und die Annahme, daß darum die Keimblätter, welche sich nach dem Vorbilde des Kürbisses oder Stinkasantes entfalten, am häufigsten vorkommen, vollauf berechtigt. Pflanzen, deren gerader Keimling mittels der zu einem Kegel zusammenschließenden Keimblattspitzen die Fruchtschale und die darüberliegende Erde zu durchstoßen hat, sind, wie schon gesagt, selten. Die Fig. 5 der Abbildung auf S. 570 erläutert diese seltene Form an Cardopatium corymbosum. Außerdem wurde sie noch an mehreren andern mit diesem Korbblütler verwandten Arten und an der mediterranen Atractylis cancellata beobachtet.

In allen jenen Fällen, wo die Keimblätter durch einen Spalt oder ein Loch der Frucht- oder Samenhülle herausgezogen werden, scheint es ganz selbstverständlich, daß die Öffnung einen Durchmesser besitzt, welcher zum mindesten so groß ist wie jener der herausgezogenen Spreite. In der Regel trifft diese Voraussetzung auch zu; in einigen Fällen aber ist das herausgezogene Keimblatt thatsächlich breiter als der Spalt in der Fruchthülle, und man fragt sich erstaunt, wie das Herausziehen ohne Schädigung des Gewebes erfolgen konnte. Die Sache verhält sich folgendermaßen. Bevor noch der Zug sich geltend macht, rollen sich die in der Höhlung des Samens steckenden Keimblätter zusammen und werden dann als eine lange Rolle durch die enge Öffnung der Fruchtschale herausgezogen. Kaum entfesselt, rollen sie sich dann wieder auf und breiten sich flach aus. So verhält es sich z. B. bei der Immortelle Helichrysum annuum (s. Abbildung auf S. 570, Fig. 3 u. 4), ferner an dem Doldengewächse Smyrnium Olusatrum und noch an mehreren andern. Bei einigen Pflanzen, wie z. B. bei der Buche (Fagus silvatica), sind die Keimblätter, solange sie in der Fruchtschale stecken, wie ein Fächer der Länge nach zusammengefaltet, nehmen in dieser Lage nur einen geringen Umfang ein, können auch durch einen verhältnismäßig kleinen Spalt aus der Nuß herausgezogen werden und breiten sich, nachdem dies geschehen ist, in kürzester Zeit flächenförmig aus (s. Abbildung auf S. 581, Fig. 1—3). Von den beiden Keimblättern der Pterocarya Caucasica ist jedes in vier Zipfel geteilt, und je zwei Zipfel, dicht aneinander liegend, finden sich eingebettet in einer besondern Aushöhlung des Samens. Im ganzen zeigt die Frucht vier Fächer, in deren jedem ein solches Paar von schmalen, dicht aneinander liegenden Lappen steckt. Die Öffnung der nußartigen Fruchthülle bietet nun gerade so viel Raum, daß je zwei solcher zusammengelegter Lappen herausgezogen werden können, und es erfolgt auch das Herausziehen nicht zu gleicher Zeit, sondern immer so, daß die Lappenpaare nacheinander hervorkommen. Ähnlich verhalten sich die Keimblätter von Schizopetalon Walkeri, deren jedes in zwei lange, schmale Zipfel geteilt ist, von denen eins nach dem andern aus der kleinen Öffnung des kugeligen Samens herausgezogen wird. Auch an den Keimlingen von Pinus, welche fünf und mehr wirtelständige, schmale, lineale Keimblätter besitzen (s. Abbildung auf S. 581, Fig. 6), verläßt eins nach dem andern die Höhlung der Samenschale, und man geht wohl nicht irre, wenn man die Breite, Länge und den Zuschnitt der Keimblätter mit dem innern Baue und mit der Art und Weise des Öffnens der Frucht- oder Samenhülle in Zusammenhang bringt.

Auch die äußere Form des Samens und die Lage, welche er infolge seiner Form beim Niederfallen auf das Keimbett einnimmt, ist in dieser Beziehung nichts weniger als gleichgültig. Kommt der Same so auf dem Boden zu liegen, daß die Achse des Keimblattstammes senkrecht zur Erdoberfläche und die Spitze des Würzelchens nach abwärts gerichtet ist, so scheint das im ersten Augenblicke zwar eine sehr günstige Stellung, ist es aber in Wirklichkeit nicht. Bei dieser Lage muß der Keimblattstamm die kompliziertesten Krümmungen machen, um die Keimblätter aus dem Samen herausziehen zu können. Dagegen ist das günstigste Verhältnis dann hergestellt, wenn die Achse des Keimblattstammes zusammen mit dem Würzelchen parallel zur Erdoberfläche zu liegen kommt, wie das z. B. in den auf S. 570, Fig. 1 rechts, abgebildeten Kürbissamen der Fall ist. Bei dieser Lage kann das Würzelchen sofort nach dem Verlassen der Samenhülle unter rechtem Winkel umbiegend in die Erde hinabwachsen und anderseits der Keimblattstamm am raschesten die Keimblätter aus ihrer Umhüllung herausziehen. Wenn man Samen ausstreut, so nehmen sie auch in der Regel die zuletzt erwähnte Lage an. Die flachen oder zusammengedrückten Samen kommen mit ihrer Breitseite auf den Boden zu liegen, die eiförmigen sowie die langgestreckten, cylindrischen Samen fallen so zu Boden, daß die längere Achse der Unterlage parallel ist, und auch an

den kugeligen Samen ist der Schwerpunkt immer so gelegt, daß der Keimling die möglichst günstige Lage erhält.

Jedem, der dem Verlaufe des merkwürdigen Herausziehens der Keimblätter aufmerksam zusieht, muß auch sofort die Bedeutung zahlreicher Ausbildungen an der Außenseite der Samen- oder Fruchtschale klar werden. Es ist augenscheinlich, daß das Herausziehen nur dann ohne Anstand von statten geht, wenn die Samen- oder Fruchtschale nicht der Spielball der nächstbesten Luft- oder Wasserströmung ist, wenn der Same, aus welchem die Keimblätter herausgezogen werden sollen, in irgend einer Weise fixiert ist, und wenn Einrichtungen getroffen sind, welche eine Veränderung der von dem Samen einmal eingenommenen günstigen Lage verhindern. Solche Ausrüstungen zum Festhalten der Früchte und Samen an der Stelle des Keimens gibt es denn auch in großer Zahl und in reicher Abwechselung. Schon die flügelförmigen und haarförmigen Anhängsel, die gekrümmten, spitzen und widerhakigen Fortsätze und die verschiedenen Klebapparate der Früchte und Samen, welche in erster Linie die Bedeutung von Verbreitungsmitteln der Früchte haben, und deren Schilderung dem zweiten Bande des „Pflanzenlebens" vorbehalten ist, bieten sehr häufig auch noch den Vorteil, daß durch sie der Same dort fixiert wird, wo die Keimung mit Erfolg stattfinden kann. Wenn man Ende Mai, zur Zeit, wann die haarigen Samen der Weiden und Pappeln als leichte Flocken aus den aufgesprungenen Kapseln hervorkommen und durch die Luftströmungen entführt werden, den feuchten Lehmboden am Ufer eines Flusses betrachtet, so sieht man dort unzählige dieser Samen gestrandet, mittels der Haare an den Lehm geklebt und die kleinen Samenschalen am feuchten Grunde unverrückbar festgehalten. Alle diese Samen keimen binnen wenigen Tagen, während die nebenbei in losen Flocken auf dem Boden liegenden Samen nicht zum Keimen kommen. Die haarige Hülle, welche zunächst als Verbreitungsmittel des Samens diente, hat später die Bedeutung eines Befestigungsmittels an das Keimbett. Dasselbe gilt von den Haarschöpfen, welche die kleinen Samen der tropischen, als Überpflanzen an der Borke der Bäume wachsenden Tillandsien (Tillandsia usneoides und T. recurva) schmücken. Zunächst dienen sie als Flugapparate, und die leichtbeschwingten kleinen Samen werden durch die Winde aus den aufgesprungenen Kapseln auf weithin entführt. Stranden diese Samen an der Borke eines der vom Winde bestrichenen Baumstammes, so haften die Haare fest an und bringen auch den Samen mit der Unterlage in Kontakt. Man sieht dann die Windseite der Baumstämme mit unzähligen dieser Samen besetzt und in einen förmlichen Mantel gehüllt, und diejenigen der Samen, welche der Unterlage angepreßt werden, gelangen auch zur Keimung. Auch bei der Ansiedelung der Samen der Anemone silvestris und mehrerer Korbblütler beobachtet man einen ähnlichen Vorgang. Um noch ein andres Beispiel zu bringen, sei auch der anhäkelnden Früchte von Xanthium spinosum und Lappago racemosa gedacht. An irgend einer Stelle von wandernden Tieren abgestreift, bleiben sie mit ihren widerhakigen Fortsätzen an den Haaren der genannten Tiere hängen und werden oft viele Meilen weit verschleppt. Selbstverständlich suchen die Tiere sich der unbequemen Anhängsel zu entledigen und reiben so lange an dem Erdboden, bis sich die Früchte von den Haaren ablösen. Bei dieser Gelegenheit wird ein Teil der Früchte in die Erde gedrückt und dort mittels der widerhakigen Stacheln fest verankert. Nur die Keimlinge aus den festgeankerten Früchten entwickeln sich zu kräftigen Pflanzen, die locker auf dem Boden aufliegenden Samen dagegen keimen entweder gar nicht, oder es gehen die Keimlinge, deren Keimblätter nicht ordentlich aus der Fruchthülle gezogen wurden, alsbald zu Grunde.

Außer den Auswüchsen der Samen- oder Fruchtschale, welche erst dann, nachdem sie zuerst als Ausrüstungen zur Verbreitung gedient hatten, zu Befestigungsmitteln der Samen werden, gibt es aber auch solche, welche mit der Verbreitung in gar keinem

Zusammenhange stehen, und die offenbar keinen andern Zweck haben, als die Samen an das Keimbett zu binden. In dieser Beziehung sind zuvörderst klebende Stoffe hervorzuheben, welche von der Oberfläche der Samenschale ausgehen, und durch welche die Samen mit der Erde des Keimbettes verkittet werden. Sie treten immer hervor, wenn die Oberfläche des Samens befeuchtet wird, wenn von der Erde, die zum Keimbette dient, das Regenwasser angesaugt und ein Teil dieses Wassers auch auf die auflagernden oder eingebetteten Samen übertragen wird. In den meisten Fällen geht die schleimige Masse, welche zum Kitte wird, von den oberflächlichen Zellen aus, wie namentlich bei den vielen Arten der Gattungen Lein und Wegerich (Linum und Plantago), bei der Gartenkresse und dem Leinbotter (Lepidium sativum und Camelina sativa), bei Teesdalia, Gilea und Collomia und noch vielen andern Arten der verschiedensten Gattungen, welche aber in dem einen miteinander übereinkommen, daß die Samenschale eine ganz glatte Oberfläche besitzt. Bei dem Basilienkraute (Ocymum Basilicum) sowie bei den zahlreichen Arten der Gattungen Salbei und Drachenkopf (Salvia und Dracocephalum) geht die schleimige Substanz von der glatten Oberfläche der Fruchtschale aus. Häufig sind es nur bestimmte reihenweise angeordnete Zellen an der Oberfläche der Frucht- oder Samenschale, in welchen sich der klebrige Schleim ausbildet, wie bei der neuseeländischen Selliera und bei zahlreichen Korbblütlern, von welchen die Kamille (Matricaria Chamomilla) als die bekannteste Art hervorgehoben werden mag. Auch bei den Arten der Gattung Oxybaphus sind fünf Längskanten an der Schale des Samens mit kleinen Schleimorganen besetzt. Wenn die Schale befeuchtet wird, so treten an ihr fünf weiße schleimige Linien hervor, welche das Ankleben an das Keimbett vermitteln. Bei vielen Korbblütlern, so namentlich bei dem gemeinen Kreuzkraute (Senecio vulgaris) sowie bei den Arten der Gattungen Euriops, Doria, Trichocline und noch mehreren andern, sind besondere Haare an der Fruchtschale ausgebildet, welche den anklebenden Schleim ausscheiden. Wieder in andern Fällen, so namentlich an vielen Aroideen, wird das Klebemittel nicht von Zellen der Oberhaut ausgebildet, sondern es bleibt auf den Samen, welche in einer fleischigen Fruchthülle stecken, ein Teil des Fruchtsaftes oder Fruchtfleisches zurück, der, wenn er vertrocknet, eine Kruste bildet. Wenn solche Samen nachträglich befeuchtet werden, so wandelt sich die Kruste wieder in eine schleimig-klebrige Masse um, und es werden durch diese die Samen an die Unterlage festgeklebt. Oft bildet auch die ganze saftreiche verwesende Fruchthülle das Festigungsmittel der Samen, was namentlich bei den kürbisartigen Gewächsen sowie bei zahlreichen Pflanzen mit Beeren und pflaumenartigen Früchten der Fall ist.

Bei vielen Pflanzen, wie z. B. bei der Kornrade (s. Abbildung auf S. 559, Fig. 7—10) und der auf lehmigen Feldern häufigen Neslia paniculata, wird die Befestigung der Samen oder Früchte an das Keimbett nicht durch schleimige, klebrige Stoffe, sondern durch Unebenheiten an der Oberfläche der Samen- oder Fruchtschale vermittelt. Es finden sich da die mannigfaltigsten Warzen, Zapfen, Riefen, Netze und dazwischen grubige Vertiefungen, in welche sich die Erdpartikelchen eindrängen und, wenn sie befeuchtet werden, mit den Zellen der Oberhaut verbinden. Die Adhäsion ist dann sehr groß, und wollte man solche Samen oder Früchte reinigen und die anhaftende Erde aus allen den kleinen Grübchen herausputzen, so würde das viel Mühe machen und doch nicht vollständig gelingen. Es ist hier auch auf den interessanten Gegensatz der in diese Gruppe gehörigen Samen zu denjenigen, welche der frühern Gruppe zugezählt werden müssen, hinzuweisen. Samen mit rauher, runzeliger und grubig punktierter Oberfläche entwickeln niemals Klebemittel aus ihren Hautzellen, weil die Befestigung an das Keimbett durch die Unebenheiten der Samenschale vermittelt wird; Samen mit glatter Oberfläche, welche sonst leicht verschiebbar wären, verkleben mittels der Schleimmassen, welche ihre Hautzellen ausbilden.

Ganz eigentümlich verhält sich die Wassernuß (Trapa), deren Keimung S. 569 geschildert wurde. Jede ihrer großen Früchte zeigt zwei Paare von abstehenden, kreuzweise gestellten Dornen, welche sich aus den Kelchblättern herausgebildet haben und welche sie während des Ausreifens gegen die Angriffe seitens der Wassertiere schützen. Diese Dornen sowie die ganze Frucht sind nur innen steinhart, die äußern Zellschichten sind weich, zersetzen sich auch unter Wasser ziemlich rasch und lösen sich in unregelmäßigen Fetzen und Fasern von dem tiefern, sehr festen Gewebe ab. An der Spitze der Dornen erhält sich nach der Ablösung der Weichteile nicht nur die kräftige, sehr feste Mittelrippe, sondern es verbleiben auch die Anfänge einiger rückläufiger Bündel aus sehr festen, langgestreckten Zellen, die unmittelbar hinter der Spitze von der Mittelrippe entspringen. Diese Dornen erscheinen dann ankerartig ausgebildet (s. untenstehende Abbildung) und wirken auch ähnlich wie Anker, d. h. sie hängen sich im Grunde der Teiche mit Hilfe der widerhakigen Spitzen an verschiedene den schlammigen Boden unter Wasser bedeckende Pflanzenreste an und werden dort förm-



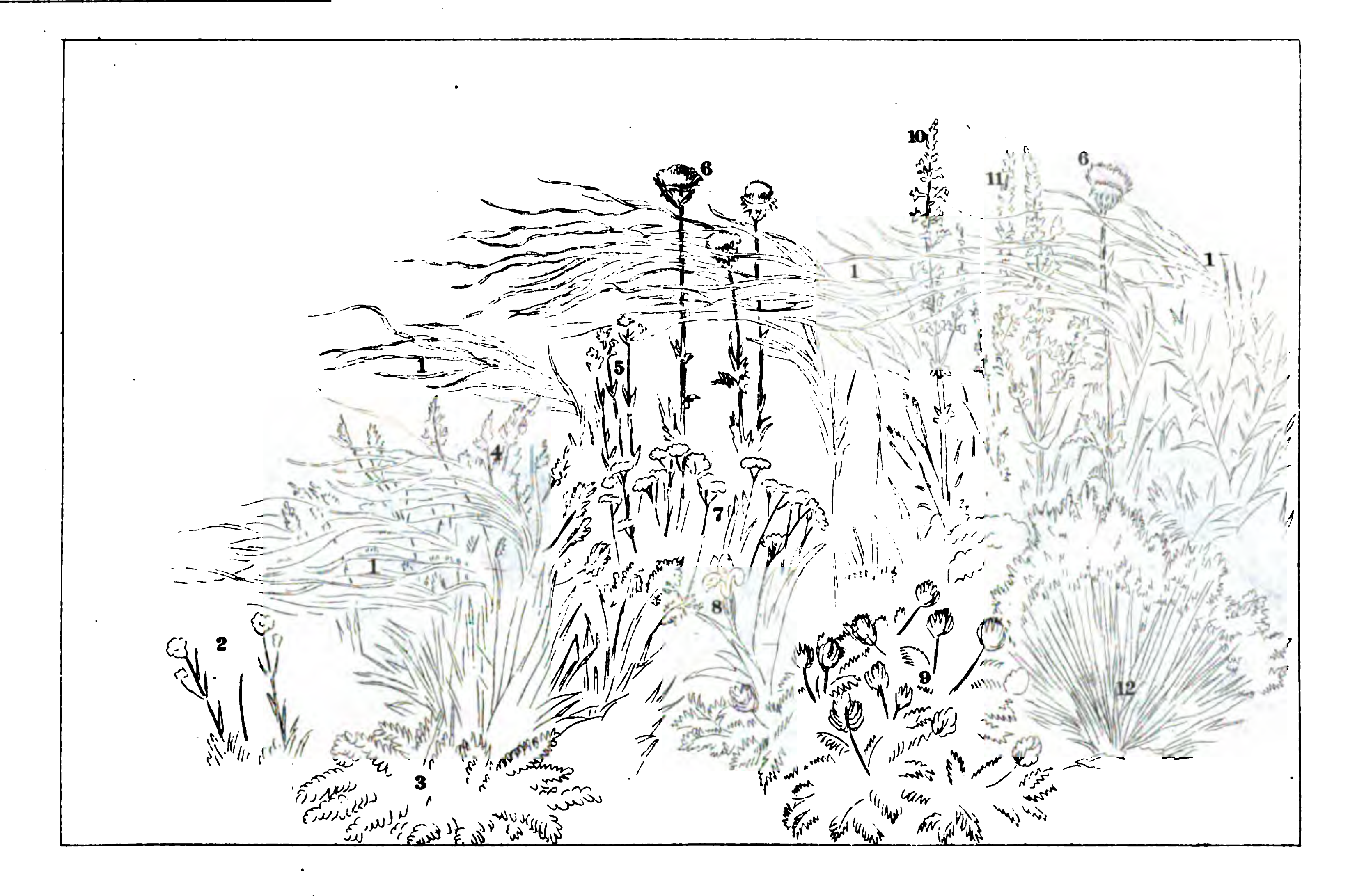
Verankerung der Wassernuß.

lich verankert. Der aus der Nuß herauswachsende Keimling vermag dann auch nicht die feste Fruchthülle mit emporzuheben, sie bleibt verankert an der Stelle, wo sie hingefallen war.

Seltsame Einrichtungen, welche ein Verankern der Früchte an der zum Keimen geeignetsten Stelle bewirken, beobachtet man an mehreren Steppengräsern, namentlich an den Federgräsern (Stipa) und auch an den Arten der Gattung Storchschnabel (Erodium). Die Federgräser zählen zu den auffallendsten Erscheinungen der Steppe und bilden sogar einen charakteristischen Zug des Landschaftsbildes, indem sie mit verschiedenen Schmetterlingsblütlern, namentlich mit Tragant-Stauden (Astragalus), dann mit zahlreichen Korbblütlern, Nelken und niedern Schwertlilien den Hauptbestandteil der Pflanzendecke, ja man kann wohl sagen das Grundgewebe des farbenprächtigen, über manche Steppen gebreiteten Pflanzenwuchses bilden. Ernst Heyn hat in der beigehefteten Tafel „Federgras auf der Steppe (Südrußland)" eine solche Steppe mit ihrer charakteristischen Vegetation in vollendeter Naturwahrheit zur Anschauung gebracht, und wir werden auf dieses Bild noch wiederholt zurückzukommen Gelegenheit haben. Die Federgräser, welche uns hier zunächst interessieren, fallen auf dem Bilde dadurch auf, daß aus dem scheidenförmigen Blatte am obern Ende der Halme ein Büschel langer, weißer, im Winde wehender, fadenförmiger Gebilde vorgestreckt erscheint. Diese Gebilde sind Grannen, welche sich, wenn die Federgräser abgeblüht haben, so außerordentlich verlängern, wie das an keinem andern Grase der Fall ist.

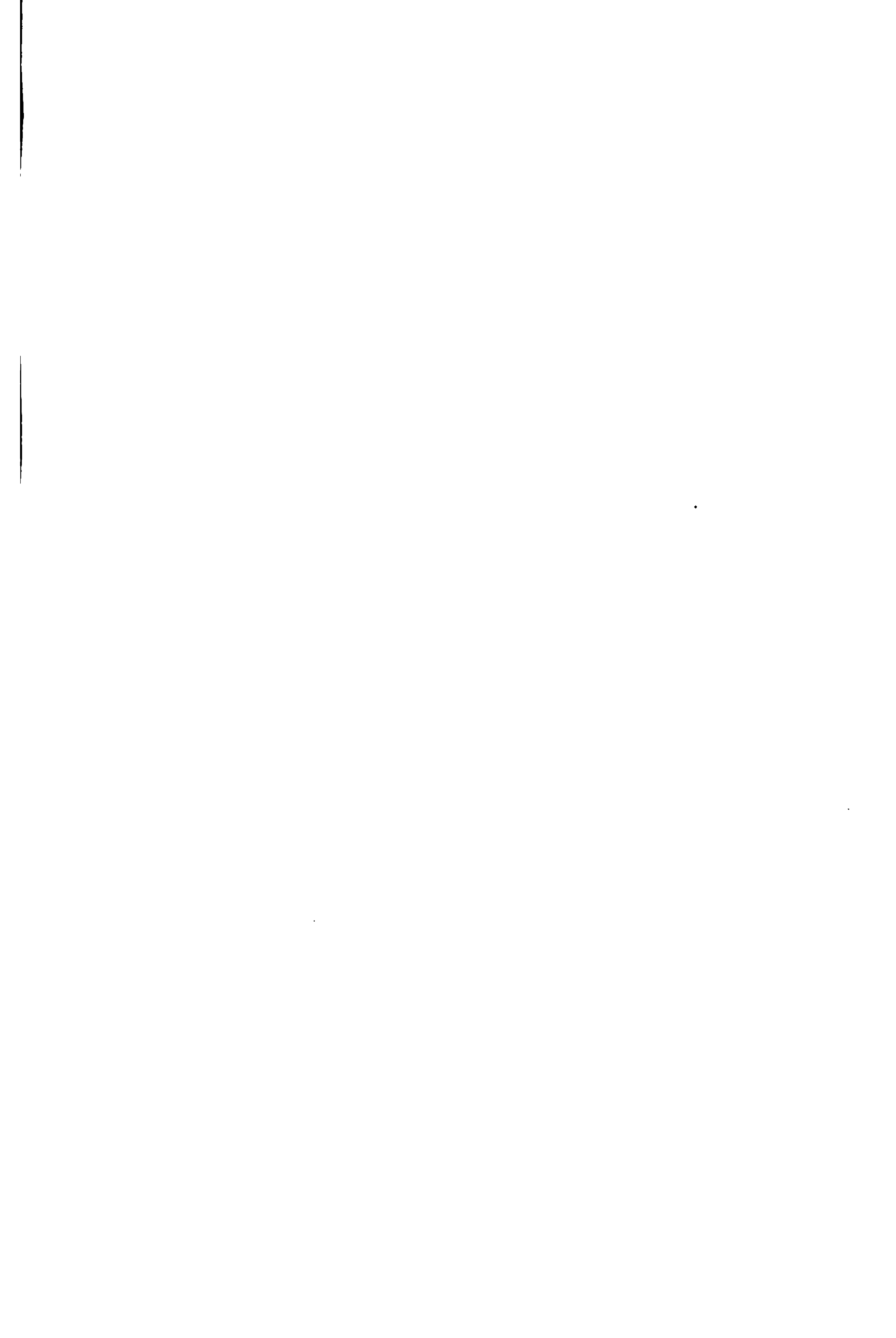
Die Spelze, welche von der mit zweizeilig geordneten, abstehenden Haaren besetzten, federförmigen Granne gekrönt ist, umschließt zusammen mit einer zweiten kurzen, grannenlosen

[Zur Tafel: »*Federgras auf der Steppe*«.]



1. *Stipa pennata.* 2. *Ranunculus pedatus.* 3. *Astragalus exscapus.* 4. *Astragalus virgatus.* 5. *Dianthus polymorphus* 6. *Jurinea mollis.* 7. *Achillea ochroleuca.* 8. *Iris variegata.* 9. *Astragalus Onobrychis.* 10. *Salvia Austriaca.* 11. *Syrenia angustifolia.* 12. *Festuca vaginata.*

FEDERGRAS AUF DER STEPPE (Südrussland)



Spelze die kleine Frucht. Sobald diese reif ist, trennt sich das Stielchen, welches die um die Frucht gewickelte, inzwischen sehr hart gewordene Spelze trägt, ab; der nächste kräftige Windstoß entführt das abgelöste Gebilde und treibt es wie eine Flaumfeder über die Steppe dahin. Die von der Spelze ausgehende lange, federige Granne hat also zunächst die Bedeutung eines Flugapparates, ähnlich so vielen andern federförmigen oder flügelförmigen



Das Eindringen von Früchten in die Erde und Befestigung dieser Früchte im Keimbette: 1, 2. Früchte des Federgrases (Stipa pennata). — 3, 4. Früchte des Storchschnabels (Erodium Cicutarium). Vgl. Text, S. 576–579.

Gebilden, mit welchen Früchte und Samen besetzt oder eingehüllt sind, und sie vermittelt die Verbreitung der betreffenden Federgrasart über das weite Gelände. Es kommt ihr aber, nachdem sie irgendwo auf dem Steppenboden gestrandet ist, auch noch eine weitere Aufgabe zu.

Gesetzt den Fall, es sei eine Federgrasfrucht so auf die nackte Erde gefallen, wie das durch die obenstehende Abbildung veranschaulicht wird; jener Teil, welcher in der verhärteten Spelze die Frucht eingeschlossen enthält, wird als der schwerere selbstverständlich zuerst mit dem Boden in Berührung kommen, und da das Ende dieses Teiles verhärtet

und sehr spitz ist, so bleibt die gestrandete Frucht manchmal sofort nach dem Stranden in der Erde stecken (s. Abbildung auf S. 577, Fig. 1). Fällt sie schief auf, so wird durch ein späteres Schwanken der in die Luft emporragenden langen Feder ein Eindringen des spitzen Endes veranlaßt, und es wird dieses erste Eindringen noch wesentlich dadurch begünstigt, daß das Spitzchen nach einer Seite hin etwas schief gebogen ist.

Wenn nur einmal das Spitzchen in die Erde gedrungen ist, so folgt auch der andre die Frucht umhüllende Teil der Spelze alsbald nach, und zwar geschieht das durch folgende Einrichtung: Dicht oberhalb des Spitzchens finden sich ringsum an der eingerollten Spelze aufwärts gerichtete, elastisch-biegsame, aber dabei sehr steife Haare. Solange diese steifen Haare anliegen, setzen sie dem Eindringen der Spelze in die Erde keinen Widerstand entgegen, und es gelangt auch gleich bei dem ersten Einstechen des Spitzchens immer ein Teil dieser Haare unter die Erde. Wird nun die mit dem Spitzchen und einigen Haaren in der Erde steckende Spelze durch irgend einen von oben wirkenden noch so leisen Druck nach einer Seite, sagen wir nach rechts, geneigt, so werden dadurch die Haare der rechten Seite an die Spelze noch mehr angedrückt, jene der linken Seite aber etwas abgehoben. Diese letztern stemmen sich an die über ihnen befindlichen Erdteilchen an und wirken als Hebelarme, durch welche die ganze Spelze gleichzeitig mit dem Neigen nach rechts auch etwas tiefer in die Erde hinabgedrückt wird. Wenn die Spelze später nach der entgegengesetzten Seite, nämlich nach links, geneigt wird, so werden die Haare der linken Seite angedrückt, während jene der rechten Seite sich abheben, und indem sie sich gleich kleinen Hebeln an die über ihnen befindlichen Erdteilchen anstemmen, wird die Spelze, beziehentlich ihr Spitzchen wieder um ein kleines Stück tiefer in die Erde hinabgedrängt. Derselbe Erfolg stellt sich überhaupt bei jeder Schaukelbewegung, also auch dann ein, wenn die ganze Spelze nach vorn oder wenn sie nach rückwärts geneigt wird, und es fragt sich nur, wodurch denn diese Lageänderungen der im Boden steckenden Spelze, die ein ruckweises Vorrücken des Spitzchens im Gefolge haben, hervorgerufen werden können. Ein Blick auf die Abbildung auf S. 577 lehrt, daß jeder nur einigermaßen stärkere Luftstrom, welcher den langen federigen Teil der Granne trifft, sofort auch eine Lageänderung der im Boden steckenden Spelze zur Folge haben muß. Gleichwie die Windfahne am Firste eines Daches bei einem heftigen Winde aus Osten nicht unverrückt nach Westen zeigt, sondern häufig kurzweilige Abschwenkungen nach Norden und Süden macht, so werden auch die im Ostwinde flatternden federförmigen Grannen ab und zu auf Augenblicke nach Norden und Süden abgelenkt, und diese Richtungsänderung hat dann zur Folge, daß auch die im Boden steckende Spelze nach verschiedenen Seiten geneigt wird. Beim Umspringen des Windes wird natürlich der Wechsel in der Richtung der federigen Granne und insofern in der Neigung der Spelze noch auffallender hervortreten, und es wird eine schaukelnde Bewegung der Spelze unvermeidlich sein. So wird durch das Flattern der federigen Granne nach den verschiedenen Richtungen der Windrose die in der Erde steckende Spelze bald nach dieser, bald nach jener Seite geneigt, und da die Änderung des Neigungswinkels jedesmal auch ein ruckweises Vordringen der Spelze in die tiefern Schichten der Erde bedingt, so ist eigentlich der Wind die treibende Kraft, durch welche die in der gerollten Spelze eingeschlossene Frucht in den Boden versenkt wird. Nun haben aber die Grannen der Federgräser noch zwei andre eigentümliche Einrichtungen. Sie sind nämlich unterhalb des mit Haaren besetzten federigen Teiles zweimal knieförmig gebogen und überdies noch wie ein Korkzieher schraubig zusammengedreht. Dieser gekniete und zugleich gedrehte Teil der Granne ist sehr hygroskopisch; bei Regenwetter verschwinden die knieförmigen Biegungen fast ganz, die Granne sträubt sich und streckt sich gerade, auch dreht sich die Schraube bei feuchter Witterung auf und bei trockner Luft zusammen. Es werden nun diese Bewegungen begreiflicherweise

auf die Spelze übertragen und verursachen Änderungen in der Neigung derselben, was wieder ein Vorrücken des Spitzchens in tiefere Erdschichten zur Folge hat.

Diese durch die Hygroskopizität des untern Grannenteiles veranlaßten Bewegungen werden insbesondere dann zur Geltung kommen, wenn der obere Teil der Grannen auf irgend eine Weise sich mit den Stengeln und Blättern andrer Steppenpflanzen verschränkt hat, was sehr häufig der Fall ist. Wenn nämlich bei trocknem Wetter die Früchte des Federgrases sich ablösen und durch den Wind über die Steppe getragen werden, so ist es fast unvermeidlich, daß sie mit dem knieförmig gebogenen Teile an Halmen, Stengeln u. dgl. hängen bleiben, daß der gefiederte Teil zwischen zwei benachbarten Stengeln andrer Pflanzen eingeklemmt, mitunter auch förmlich eingeflochten wird (s. Abbildung auf S. 577, Fig. 2).

Sobald aber der obere Teil der Granne fixiert ist und später bei feuchtem Wetter der untere knieförmige Teil derselben Granne sich gerade streckt und infolge des Aufrollens der Schraubenwindungen verlängert, so wird notwendig die Spelze in die Erde hineingedrückt, dabei in drehende Bewegung gesetzt und auch infolge des ungleichmäßigen Geradestreckens der knieförmig gebeugten Stelle bald nach dieser, bald nach jener Seite gedrängt. Ein Zurückziehen der Spelze bei etwaigem nachträglichen Austrocknen der Granne wird durch die oben erwähnten steifen, mit ihrem freien Ende aufwärts gerichteten und sich an die über ihnen befindlichen Erdteilchen anstemmenden Haare der Spelze verhindert. Bei einer solchen Verkürzung der Granne wird viel eher einer der Halme, an welchen sich die Granne angehängt hat, etwas geneigt, als daß dadurch die schon bis zu einer gewissen Tiefe in die Erde eingeschobene und dort verankerte Spelze emporgezogen würde.

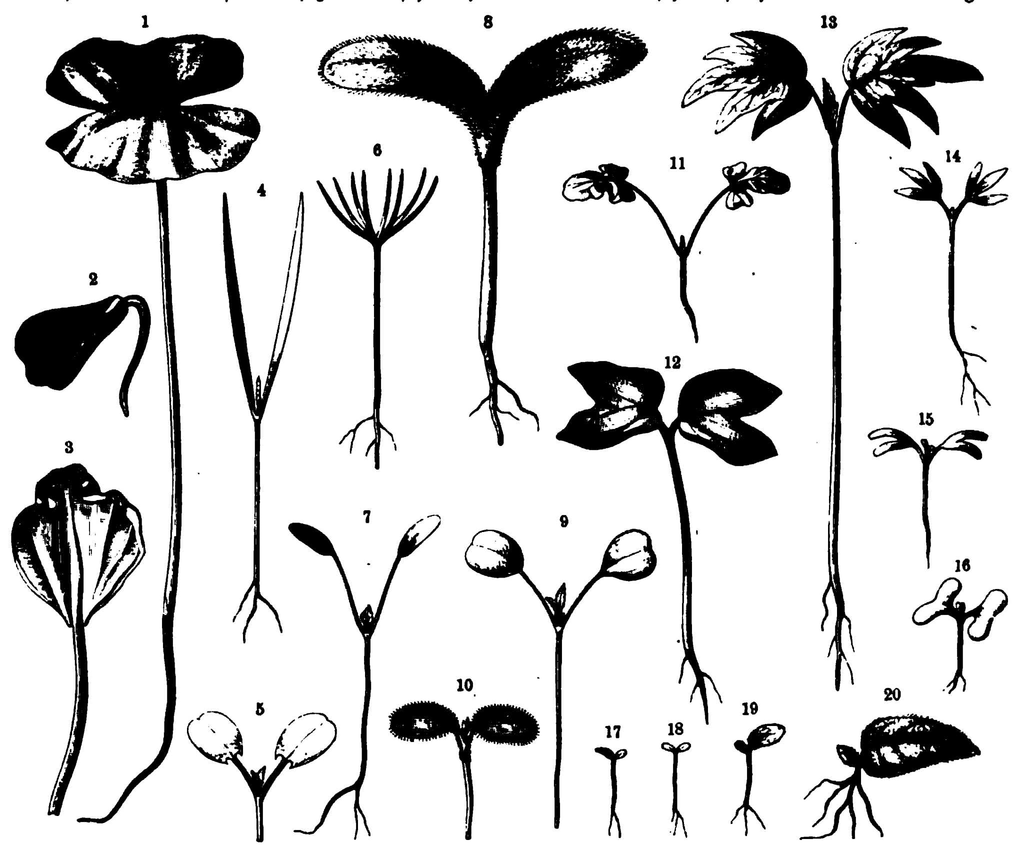
Auf ähnliche Weise wie die Federgrasfrüchte gelangen auch die Früchte des Storchschnabels (Erodium) unter die Erde. Wie an der Abbildung auf S. 577, Fig. 3, zu ersehen, lösen sich an dieser Pflanze die fünf Spaltfrüchtchen in ganz eigentümlicher Weise von ihrem Träger los. Zuerst hebt sich das den Samen umschließende dicke untere Ende, später auch die lang ausgezogene Spitze des Fruchtblattes ab. Die letztere dreht sich zum Teile schraubenförmig zusammen, und nur das freie Ende streckt sich in sanften Bogen wie ein Uhrzeiger vor. Man benutzt diese abgefallenen Teilfrüchtchen bekanntlich als Hygrometer. Man steckt sie mit ihrem untern dicken Ende, welches ähnlich wie die Spelze des Federgrases mit einem stechenden Spitzchen besetzt ist, auf ein mit Papier überzogenes Brettchen und zwar in das Zentrum eines darauf gezeichneten Kreises. An der Peripherie des Kreises macht man Striche, welche den Stand des zeigerförmigen Endes der Storchschnabelfrucht bei sehr feuchtem und bei sehr trocknem Wetter angeben, und kann dann nachträglich wieder aus dem Stande des Zeigers auf die relative Feuchtigkeit der Luft einen Rückschluß machen. Indem wir an diese Verwendung der Storchschnabelfrüchte erinnern, konstatieren wir auch die infolge des veränderten Feuchtigkeitszustandes der Luft veranlaßte Drehung derselben, welche bei dem Eindringen in die Erde ins Spiel kommt. Freilich ist dann, wenn eine solche Frucht auf die Erde fällt, nicht, wie am Hygrometer, das untere dicke, den Samen umschließende Ende, sondern der schnabelförmige Fortsatz fixiert, und es wird daher im Freien bei einer Änderung des Feuchtigkeitszustandes der Luft auch nicht der Schnabel, sondern das dicke untere Ende in Bewegung gesetzt. Die Fixierung des Schnabels erfolgt im Freien auf nackter Erde in der Weise, daß sich die Spitze des Schnabels an den Boden stemmt, und daß dann infolge des Aufdrehens der schraubigen Windungen bei feuchtem Wetter das mit dem stechenden Spitzchen abgeschlossene dickere Fruchtende schief in die Erde gebohrt wird. Noch häufiger verhängen sich die abfallenden Früchte zwischen den sich kreuzenden Stengeln andrer dem Boden aufliegender Pflanzen, wie es die Abbildung auf S. 577, Fig. 4, zeigt. Auch dann ist der Schnabel fixiert und wird das dickere untere Ende in Bewegung gesetzt. Die Bewegung ist hier weit mehr mit jener eines Bohrers zu vergleichen, obschon

infolge von Schwankungen und Lageänderungen des Schnabels, welche bei Windströmungen unvermeidlich sind, auch schaukelnde Bewegungen des einbohrenden Teiles stattfinden und augenscheinlich von Vorteil sind. Ähnlich wie die Früchte der Federgräser, sind jene des Storchschnabels oberhalb des stechenden Spitzchens mit aufrechten, steifen Haaren besetzt. Es spielen diese Haare auch die gleiche Rolle wie dort. Bei dem Einschieben der Frucht in die Erde leisten sie keinen Widerstand, sondern werden an die Frucht angedrückt; bei schaukelnder Bewegung der Frucht stemmen sich bald die Haare der einen, bald jene der andern Seite an die über ihnen liegenden Erdteilchen und wirken als Hebel in der bereits früher geschilderten Weise. Dasselbe geschieht auch, wenn die Frucht in eine drehende Bewegung versetzt wird und sich zugleich ein von der verlängerten Schraube ausgehender Druck geltend macht. Zieht sich die Schraube wieder zusammen, so bilden die Haare einen Widerhalt; sie stemmen sich nämlich sämtlich an die über ihnen liegenden Erdteilchen an, und es bleibt die Frucht in jener Tiefe, welche sie bereits erreicht hat, fest verankert. Sowohl an den Früchten der Federgräser als auch an jenen der Storchschnabelgewächse finden sich je nach den Arten noch verschiedene Abweichungen. Die Drehung des untersten Teiles der Granne ist häufig eine andre als jene des knieförmig gebogenen Teiles; die Haare an den Spelzen sind bald entlang zweier Längsstreifen angeordnet, bald wieder bilden sie nur unten einen Ring und weiter aufwärts einen einseitigen Längsstreifen u. s. f. Mehrere Arten der Gattung Stipa haben keine federigen Grannen und nähern sich fast der Form der Storchschnabelfrüchte. Dasselbe gilt auch von den Früchten der mit Stipa verwandten Gattungen Aristida und Heteropogon. In der Hauptsache kommen alle diese Ausbildungen miteinander überein. Was erreicht werden soll, und was durch diese wunderbaren, oben geschilderten Apparate auch wirklich erreicht wird, ist nicht so sehr das Einbohren der Fruchthülle oder Samenschale in größere Tiefen des Bodens als vielmehr die Befestigung an das Keimbett.

Es ist hier nochmals darauf hinzuweisen, daß die Keimblätter aus den sie bergenden Hüllen nur dann anstandslos herauskommen, wenn diese letztern gut festgeklebt, festgeankert oder sonst in irgend einer Weise fixiert sind. Ist das nicht der Fall, so geschieht es leicht, daß die Frucht- oder Samenschale von den sich vergrößernden Keimblättern wie eine Mütze emporgehoben wird. Die Lösung der Keimblätter durch den vom wachsenden Keimblattstamme ausgehenden Zug ist dann unmöglich gemacht. Manchmal gelingt es zwar den sich vergrößernden und streckenden Keimblättern, ohne Mithilfe des Keimblattstammes die Samenschale abzuwerfen, aber nicht immer; in vielen Fällen bleiben die Spitzen in der Höhlung der Schale eingeklemmt, verkrüppeln und vergilben, was auf den Keimling in der nachteiligsten Weise zurückwirkt und häufig das Siechtum, ja sogar Absterben desselben zur Folge hat. Es ist darum auch ein Fehler, wenn Gärtner die Samen in gar zu lockere Erde säen, wo kein rechter Halt gegeben ist, so daß dann beim Keimen die Samenschalen von den nur zur Hälfte herausgezogenen, an den Spitzen gefesselten Keimblättern emporgehoben werden.

In betreff der Gestalt, welche die unter günstigen Verhältnissen aus dem Samen herausgezogenen und am Sonnenlichte ergrünenden Keimblätter erlangen, ist zu bemerken, daß dieselbe wenig mannigfaltig ist und bei weitem weniger Abwechselung bietet als jene der ergrünenden Sproßblätter. Vorherrschend sind ganzrandige, elliptische, längliche und lineale, seltener kreisrunde und quer-ovale Formen. Mitunter sind die Keimblätter vorn eingebuchtet oder einem Kartenherzen im Umrisse vergleichbar, was besonders an Keimlingen vorkommt, welche im Samen derartig zusammengekrümmt sind, daß das Würzelchen knapp an den vordern Rand der Keimblätter zu liegen kommt und als eine Ausnutzung des knapp bemessenen Innenraumes der Samen zu erklären ist. Am

seltensten sind die Keimblätter zweilappig (Raphanus sativus) und zweispaltig (Eucalyptus orientalis, Eschscholtzia Californica), dreilappig (Erodium Cicutarium) und dreispaltig (Lepidium sativum), vierlappig (Pterocarya Caucasica) und fünflappig (Tilia). Noch ist zu erwähnen, daß an allen Keimlingen, deren Keimblattstamm kurz ist, die Spreite der Keimblätter langgestielt erscheint, während an den Keimlingen mit verlängertem Keimblattstamme die Spreite sitzend erscheint, was mit den schon früher erörterten Vorgän-



Keimblätter: 1, 2, 3. Fagus silvatica. — 4. Fumaria officinalis. — 5. Galeopsis pubescens. — 6. Abies orientalis. — 7. Convolvulus arvensis. — 8. Borago officinalis. — 9. Senecio erucifolius. — 10. Rosa canina. — 11. Erodium Cicutarium. — 12. Guamoclit coccinea. — 13. Tilia grandifolia. — 14. Lepidium sativum. — 15. Eucalyptus orientalis. — 16. Eucalyptus coriaceus. — 17–20. Streptocarpus Rexii. Vgl. Text, S. 581 u. 582.

gen, zum Teile aber auch damit zusammenhängt, daß es für die Keimpflanzen von Wichtigkeit ist, die grünen Spreiten möglichst der Sonne auszusetzen und über andre Gegenstände, durch welche sie in Schatten gestellt werden könnten, emporzuheben. Die obenstehende Abbildung gibt eine Übersicht der auffallendsten Formen entfalteter und im Sonnenlichte ausgebreiteter grüner Keimblätter.

Wo zwei ergrünende Keimblätter vorhanden sind, zeigen dieselben in der Regel gleichen Zuschnitt und gleiche Größe; nur dasjenige, welches im Samen als Auffaugungsorgan gedient hatte, ist auch im ausgewachsenen Zustande gewöhnlich etwas kleiner, wie beispielsweise an der Kornrade, am Senfe und Hanfe. Manchmal bedingen die beschränkten Raumverhältnisse im Innern des Samens, daß eins der Keimblätter dem Würzelchen den Platz räumen muß, oder daß dasselbe doch auffallend klein und unterdrückt bleibt, wie z. B. an Petiveria und Abronia. An den Arten der zu den Gesneraceen gehörenden Gattung

Streptocarpus (s. Abbildung auf S. 581, Fig. 17—20) sind die beiden Keimblätter im Samen von derselben Form und Größe; auch nachdem sie die Samenschale verlassen haben, gleichen sie sich noch vollständig; später aber bleibt das eine im Wachstume zurück und stirbt ab, während das zweite sich außergewöhnlich vergrößert und zu einem dem Boden aufliegenden grünen Laubblatte von 22 cm Länge und 12 cm Breite auswächst! Seltsamerweise entwickeln mehrere Arten dieser Gattung, wie z. B. Streptocarpus polyanthus, gar keine weitern grünen Blätter, sondern begnügen sich mit der Ausbildung des einen Keimblattes zu einem riesigen, dem Boden auflagernden Laubblatte, mit dem später der Sproßblattstamm verbunden erscheint und sich aus dessen dicker Mittelrippe als Blütenstiel erhebt.

Daß die Keimblätter, welche ergrünen, gleich andern grünen Geweben auch die Fähigkeit haben, im Sonnenlichte aus Nährgasen und Wasser mit Hilfe der aufgesaugten Nährsalze organische Stoffe zu erzeugen, steht außer Frage. Gewöhnlich erscheint das Chlorophyll erst, nachdem die Keimblätter aus der Samenhülle hervorgekommen sind und sich im Sonnenlichte ausgebreitet haben. Manchmal aber bildet es sich schon zur Zeit aus, wenn die Keimblätter noch im Samen stecken und in Dunkel gehüllt sind, wie z. B. bei den Kiefern und Fichten, den Ahornen und einigen Schotengewächsen, den Riemenblumen, der Mistel und dem in Japan heimischen Hülsenfrüchtler Sophora (Styphnolobium). Die ergrünten und ausgebreiteten Keimblätter zeigen alle Eigentümlichkeiten des Laubes; die Oberhaut ist mit Spaltöffnungen versehen, und im grünen Gewebe lassen sich häufig auch Palissadenzellen und Schwammparenchym unterscheiden. Manche Pflanzen, zumal jene, die später unterirdische Knollen oder knollenartige Wurzeln ausbilden, z. B. mehrere Ranunkeln, Eisenhut, Lerchensporn, Eranthis, Leontice, Bunium, Smyrnium perfoliatum, Chaerophyllum bulbosum, kommen im ersten Jahre, nachdem sie gekeimt haben, über die Bildung grüner Keimblätter nicht hinaus, und erst im nächsten Jahre entwickeln sich aus der Knospe des Keimlinges die grünen Sproßblätter. Viele Pflanzen entfalten dagegen nahezu gleichzeitig mit den Keimblättern auch grüne Sproßblätter, aber die Keimblätter funktionieren mit diesen zusammen als Laub und erhalten sich mitunter bis zur Zeit der Blüte, ja selbst der Fruchtreife frisch und grün. Beispiele hierfür sind zahlreiche raschwüchsige, einjährige Unkräuter auf unsern Feldern und in unsern Gemüsegärten (z. B. Fumaria officinalis, Scandix Pecten Veneris, Arnoseris pusilla, Urtica urens, Adonis aestivalis). An einjährigen, sich schnell entwickelnden Pflanzen erreichen die Keimblätter mitunter einen Umfang, welcher jenem der grünen Sproßblätter wenig nachgibt. So werden z. B. die Keimblätter des Kürbis über 1 dcm lang und 4—5 cm breit. Es ist zu erwarten, daß solche ergrünte Keimblätter, welche mit den grünen Blättern der Sprosse in betreff der Funktion vollständig übereinstimmen, auch gerade so wie diese gegen äußere schädliche Einflüsse geschützt sein werden, und in der That findet man an ihnen mehrere der Schutzeinrichungen wieder, welche bei früherer Gelegenheit ausführlicher geschildert wurden.

Die Keimblätter vieler Asperifolieen sind mit steifen Borsten besetzt (z. B. Borago, Caccinia, Anchusa, Myosotis, s. Abbildung auf S. 581, Fig. 8), jene der Rosen sind mit Drüsenhaaren gewimpert (s. Abbildung auf S. 581, Fig. 10), und jene mehrerer Nesseln tragen auf ihrer obern Seite Brennborsten. Daß die Keimblätter gegen die Nachteile, welche durch den Wärmeverlust in hellen Nächten eintreten könnten, sich selbst und auch die zwischen ihnen geborgenen jungen Sproßblätter durch Zusammenfalten und durch die Annahme der vertikalen Lage schützen, wurde bereits S. 323 u. 324 hervorgehoben.

Niederblätter. Mittelblätter. Hochblätter.

Wenn früher die Sproßblätter in Niederblätter, Mittelblätter und Hochblätter unterschieden wurden, so sollte damit nicht gesagt sein, daß diese dreierlei Blattbildungen auch wirklich an allen Sprossen zur Entwickelung kommen. Was zunächst die Niederblätter anlangt, so finden sich diese nur an ausdauernden, mehrjährigen Gewächsen ausgebildet. Den einjährigen Pflanzen fehlen dieselben. Schon die Knospe, welche am Scheitel des Keimblattstammes einer einjährigen Pflanze entsteht, beginnt sogleich mit grünen Mittelblättern, welche als Laub funktionieren, und auch an den Knospen, welche später am Sproßblattstamme angelegt werden, ist von Niederblättern keine Spur zu sehen. Was kann wohl die Ursache dieses Gegensatzes zwischen einjährigen und ausdauernden Gewächsen sein? Die einjährigen Gewächse bedürfen augenscheinlich keiner Niederblätter. Für sie ist es von Wichtigkeit, innerhalb der kurz bemessenen Zeit eines Sommers Früchte und Samen auszubilden, und sie müssen die hierzu nötigen Baustoffe mit Hilfe grüner Laubblätter selbst erzeugen. Ein Teil der Baustoffe wird zur Ausbildung der Keimlinge im Samen verwendet, ein andrer Teil zur Herstellung von gut gefüllten Nahrungsspeichern, welche den Keimlingen beigegeben sind. Die Samen lösen sich ab und werden verbreitet; die Mutterpflanze, welche sie in großer Zahl erzeugt hat, verdorrt und stirbt ganz ab. Sie hat keine Knospen angelegt, welche lebendig bleiben, um im nächsten Jahre weiterzusprossen, und es ist somit auch überflüssig, für die Ernährung, die Erhaltung und den Schutz solcher Knospen Vorsorge zu treffen. Anders bei den ausdauernden Gewächsen. Die von diesen angelegten Knospen müssen mit der nötigen Reservenahrung versehen und für die Dauer der Ruhe, für die Zeit des Winterschlafes und der Sommerruhe gegen Frost und Hitze gesichert, vor dem Erfrieren, Versengen und Vertrocknen und auch gegen die Angriffe der Tiere so gut wie möglich gesichert sein. Hiermit ist aber auch die Aufgabe, welche den Niederblättern zukommt, angegeben. Sie funktionieren einerseits als Reservestoffbehälter und Nahrungsspeicher und anderseits als schützende Hülle des von ihnen überdeckten, mit den Anlagen von Mittelblättern oder Hochblättern versehenen, noch sehr kurzen Sproßblattstammes. Zur Erfüllung dieser Aufgaben bedarf es allerdings keiner grünen Blattspreiten und überhaupt keines grünen Gewebes; es genügt hierzu der chlorophyllose Scheidenteil des Blattes, und so erklärt es sich, daß die Niederblätter an allen Sprossen nur als bleiche, schalen- oder schuppenförmige, der grünen Spreite entbehrende Gebilde erscheinen. Schon die erste Knospe des Pflanzenstockes, welche am Scheitel des Keimblattstammes entsteht, ist bei den meisten ausdauernden Gewächsen mit schuppenförmigen, bleichen Niederblättern versehen und zwar nicht nur an Holzpflanzen, wie z. B. an der auf S. 566, Fig. 5 u. 6, abgebildeten Eiche, sondern auch an ganz kleinen, krautartigen Gewächsen, wie an dem Moschuskraute (**Adoxa Moschatellina**), bei welchem über den Keimblättern am Sproßblattstamme zuerst kleine, schuppenförmige, chlorophyllose Niederblätter, dann grüne, laubförmige Mittelblätter und darüber endlich Hochblätter folgen. Auch alle später angelegten Sprosse, beziehentlich Knospen der ausdauernden Pflanzen beginnen zu unterst mit Niederblättern, welchen die grüne Spreite als etwas für sie Überflüssiges gänzlich fehlt.

Die Niederblätter, welche an den unterirdischen Sprossen, zumal an der Zwiebel, dem Rhizome und der Stockknospe, entwickelt sind, weichen, entsprechend den verschiedenen Wachstumsverhältnissen dieser dreierlei Sproßgebilde, nicht unerheblich voneinander ab. Unter Zwiebel (**bulbus**) versteht man einen unterirdischen, aufrechten Sproß, dessen sehr kurzer, aber dicker Stamm (Zwiebelkuchen) mit verhältnismäßig großen, dicht übereinander liegenden, sich deckenden, schuppenförmigen Niederblättern besetzt ist. Die

ruhende Zwiebel ist eigentlich eine Knospe, und ihre Form wird ganz vorzüglich durch die Gestalt ihrer Niederblätter bedingt. Diese sind in den meisten Fällen breit, schalenförmig und so gruppiert, daß die innern von den äußern vollständig umfaßt werden, wie z. B. bei den Tulpen und Laucharten, oder sie sind länglich, eiförmig oder lanzettlich und liegen wie die Dachziegel aufeinander, wie bei den Lilien (Lilium Martagon, album ꝛc.). Manchmal sind die benachbarten Niederblätter auch miteinander verwachsen, wie z. B. bei der Kaiserkrone (Fritillaria imperialis). Die Niederblätter der Zwiebel haben vorwiegend die Bedeutung von Speichergeweben. Der Sproß, dessen Basis sie bekleiden, bezieht, wenn er auszuwachsen beginnt, die benötigten Baustoffe so lange aus diesen Speichergeweben, bis seine über die Erde vorgeschobenen, ergrünenden Mittelblätter im stande sind, im Sonnenlichte neue organische Stoffe zu erzeugen. Vor der Gefahr des Vertrocknens sind die Zwiebeln durch die umgebende Erde gesichert; dagegen ist es für sie von Wichtigkeit, daß ihnen gegen die Angriffe unterirdisch lebender Tiere, namentlich der Nager, Schutz geboten werde. Das geschieht nun, abgesehen von den die genannten Tiere abhaltenden Giftstoffen, ganz vorzüglich dadurch, daß die ausgesaugten und abgestorbenen ältern Niederblätter nicht vollständig verwesen und zerfallen, sondern derbe, pergamentartige Schalen bilden, oder daß ihre netzig und gitterförmig verbundenen, dicken Stränge zu förmlichen Gehäusen werden, von welchen die inzwischen entstandenen jungen Zwiebeln mit ihren prallen, an Reservestoffen reichen Schalen umgeben und geschützt werden, wie das besonders auffallend bei den Safranen, Schwerteln und Tulpen (Crocus, Gladiolus, Tulipa) zu sehen ist.

An dem unterirdischen, wagerecht sich verlängernden Sprosse, welchen man **Rhizom** oder **Wurzelstock** (rhizoma) nennt, haben die Niederblätter gleichfalls den Wert von Speichergeweben, häufig aber auch von schützenden Hüllen, zumal dann, wenn sie die Spitzen der weit und breit unter der Erde herumkriechenden Stämme bekleiden. In dem letztern Falle sind ihre Zellen stark turgeszierend oder noch häufiger sehr fest, fast hornartig und schließen über der Spitze des Sprosses dicht zusammen, einen spitzen, starren Kegel bildend, der wie ein Erdbohrer sogar harten Lehmboden zu durchdringen im standc ist.

An der **Stockknospe** (turio), unter welchem Namen man eine Knospe versteht, die an unterirdischen Stammbildungen seitlich entspringt und im Sommer zu einem über die Erde sich erhebenden Sprosse auswächst, der im Herbste oberirdisch vollständig abdorrt und sich nur mit dem untersten unterirdischen, neue Knospen ausbildenden Teile über Winter lebendig erhält, haben die Niederblätter vorwaltend die Bedeutung schützender Hüllen für die Mittelblätter. Die jungen, noch sehr zarten und im Innern der Knospe zusammengefalteten, laubartigen Mittelblätter werden von ihnen ganz eingehüllt und überwölbt; nach oben zu schließen die scheidenförmigen Niederblätter kuppel- oder kegelförmig zusammen und bilden einen förmlichen Schild für die zum Sprosse auswachsende Knospe. An der Spitze jedes dieser Niederblätter sind entweder sehr verdickte, feste oder, was noch häufiger der Fall ist, stark turgeszierende Zellen ausgebildet. Manchmal werden diese Decken bei dem Vorschieben der Sprosse an dem durchsetzten Erdreiche verletzt, was aber nicht viel schadet, weil diese Niederblätter späterhin, wenn einmal die laubartigen Mittelblätter über die Erde emporgekommen sind und sich dort entfaltet haben, ohnehin überflüssig werden und zu Grunde gehen. Wird über den unterirdischen Stock einer Staudenpflanze, beispielsweise jenen des Rhabarbers, Erde aufgeschüttet, so gestalten sich die Niederblätter der Stockknospe desto länger, je mächtiger die Schicht der aufgeschütteten Erde ist. Ihr Wachstum hält gleichen Schritt mit dem Wachstume des eingehüllten Sprosses; kaum aber ist die Erde durchbrochen, so bleiben die Niederblätter zurück, und der des Schutzes gegen die Rauhigkeiten der Erde nicht weiter bedürftige Sproßteil erhebt sich aus der scheidigen Umhüllung und entfaltet seine jungen, grünen Mittelblätter am Sonnenlichte. War die Erdschicht, welche über den

unterirdischen Stock aufgeschüttet wurde, gar zu mächtig, und war der zur Verlängerung der scheidenförmigen Niederblätter disponible Vorrat von Baustoffen erschöpft, bevor noch die kuppelförmig gewölbten Spitzen der Niederblätter über die Erde emportauchten, so sind die grünen, jungen Mittelblätter gezwungen, ihre schützende Hülle schon unter der Erde zu verlassen, und kommen dann gewöhnlich auch verletzt, zerrissen und verstümmelt oberirdisch zum Vorscheine. Manche Lerchensporne (z. B. Corydalis fabacea) haben nur ein einziges scheidenförmiges Niederblatt, welches den mit grünen Mittelblättern besetzten Sproßteil einhüllt. Auch da kann man deutlich sehen, daß das schützende Niederblatt den Schutz genau so lange gewährt, wie es eben nötig ist. Es wird nämlich das Niederblatt von dem untersten Teile der Sproßachse so lange emporgehoben, bis es die Oberfläche der Erde erreicht hat, wo dann die in dasselbe eingewickelten zarten, grünen Mittelblätter des Schutzes gegen die rauhe Erde nicht mehr bedürfen und sich in der Luft entfalten können. Wurzelt der Lerchensporn nur ganz seicht im Boden, so wird das Niederblatt nur ganz wenig, oft kaum um 1 cm, in die Höhe geschoben; wurzelt er sehr tief, oder wurde absichtlich oder zufällig Erde an der betreffenden Stelle aufgeschichtet, so beträgt die Verlängerung des untern Stengelstückes mitunter über 20 cm. In dem einen wie in dem andern Falle hört das Stengelstück, durch welches das scheidenförmige Niederblatt emporgehoben wird, sogleich zu wachsen auf, nachdem die Spitze der scheidenförmigen Hülle die Erdoberfläche erreicht hat, und es sieht ganz so aus, als wenn der Lerchensporn sich den gegebenen Verhältnissen mit Überlegung anpassen würde.

Viele Gewächse haben zweierlei unterirdische Niederblätter, solche, deren Zellen mit Mehl und andrer Reservenahrung erfüllt sind, immer dick und fleischig erscheinen, nicht weiterwachsen und von den wachsenden Sprossen ausgesaugt werden, und dann solche, welche scheidenartig gestaltet sind, sich verlängern, die zum Lichte emporwachsenden grünen Mittelblätter oder Hochblätter auf ihrem Wege durch die Erdschichten umhüllen und schützen und erst dann zu wachsen aufhören und ihren Turgor verlieren, wenn die umhüllten grünen Laubblätter über die Erde emporragen, dort nicht mehr gefährdet sind und eines Schutzes nicht weiter bedürfen.

Oberirdische Niederblätter findet man an den Knospen fast aller Holzpflanzen und zwar sowohl der Laubknospen als der Blütenknospen, das heißt sowohl an dem untersten Teile jener Sproßanlagen, welche, wenn sie sich weiterentwickeln, nur grüne Laubblätter hervortreiben, als auch an jenen, welche über den Niederblättern sofort Hochblätter entwickeln. Sie zeigen in der Regel eine feste, derbe Oberhaut, sind häufig an der äußern Seite mit klebrigen Stoffen, Haaren und dergleichen, überzogen und schützen das von ihnen umhüllte Stück des Sproßblattstammes ganz vorzüglich gegen das Vertrocknen. Wenn sich im Frühlinge dieser Sproßblattstamm zu strecken beginnt, so werden sie entweder sofort abgehoben und abgeworfen, wie bei den Weiden, oder sie rücken nur wenig auseinander und lassen gerade so viel Raum, daß der Sproß hindurchwachsen kann, wie bei der Kölreuterie (Koelreuteria paniculata). Bei manchen Arten verharren sie unverrückt und unverändert an ihrer Stelle, bei andern rücken sie weit auseinander und erhalten sich noch einige Zeit an der Basis des neuen Sprosses, wie bei der Walnuß und den Eschen, wieder bei andern schlagen sie sich zurück und fallen bald danach ab, wie bei dem Vogelbeerbaume (Sorbus Aucuparia) und den meisten Arten der Gattung Aesculus. Insbesondere ist in dieser Beziehung Aesculus neglecta sehr auffallend, da dessen fast gleichzeitig sich lösende Knospendecken sehr groß und rot gefärbt sind und, wenn sie abfallen, den Boden unter der Baumkrone ähnlich wie herbstliches Laub ganz dicht überdecken. In den meisten Fällen sind die Niederblätter an den Knospen der Holzpflanzen braun und chlorophyllos und ändern ihren Umfang nur wenig während des Auseinanderweichens, jene von Gymnocladus aber

haben eine grüne Farbe und vergrößern sich auch im Frühlinge um mehr als das Doppelte und Dreifache.

An den Knospen der Weiden ist nur ein einziges Niederblatt zu sehen, die Linden haben deren zwei, die Erlen drei, die Manna-Eschen vier, die Buchen, Hainbuchen, Rüstern und Zürgelbäume sehr zahlreiche. Ist nur ein einziges Niederblatt vorhanden, wie bei den Weiden, so erscheint dasselbe tief ausgehöhlt und umgibt wie eine Hülse den zu schützenden Knospenteil; sind einige wenige Niederblätter ausgebildet, wie bei Gymnocladus, so wölben sie sich kuppelförmig über die jungen, grünen Mittelblätter; sind aber viele Niederblätter entwickelt, so liegen sie wie die Schindeln eines Daches übereinander. Auch ist noch zu bemerken, daß in allen Fällen, wo nur ein einziges oder nur wenige Niederblätter die Knospe schützen, das Gewebe immer sehr derb und starr ist, während dann, wenn zahlreiche Niederblätter an der Basis der Knospe stehen, diese dünn und häutig erscheinen. Daß die sogenannten Nebenblätter bei manchen Pflanzen, so namentlich bei den Feigenbäumen, den Magnolien und dem Tulpenbaume, die Niederblätter als schützende Decken ersetzen, wurde schon bei früherer Gelegenheit erwähnt.

Im Gegensatze zu den Niederblättern zeigen die **Mittelblätter** eine fast unerschöpfliche Mannigfaltigkeit des innern Baues und der äußern Gestalt. Zum Teile erklärt sich das aus der Vervielfältigung der ihnen zukommenden Arbeitsleistungen, noch mehr aber daraus, daß die wichtigste aller Funktionen des Pflanzenstockes, die Bildung organischer Stoffe aus unorganischer Nahrung, jene Funktion, auf welcher nicht nur der Bestand der einzelnen Pflanze, sondern jener der ganzen organischen Welt beruht, ganz vorzüglich den Mittelblättern obliegt. Allerdings werden in zahlreichen Fällen auch Keimblätter und Hochblätter, die Rinde der Zweige, bei einigen Pflanzen sogar die Luftwurzeln zu dieser Funktion in Anspruch genommen; aber alle diese Fälle sind doch nur so untergeordnet, daß behauptet werden kann, mehr als 90 Prozent der alljährlich auf der ganzen Welt erzeugten Masse organischer Stoffe kommt auf Rechnung der grünen, als Laub ausgebildeten Mittelblätter. Wenn nun erwogen wird, wie unendlich verschieden die Bedingungen dieser Arbeit in den verschiedenen Zonen und Regionen unsers Erdballes sind, wie sehr selbst innerhalb der Grenzen eines kleinen Landstriches feuchte und trockne, sonnige und schattige, windstille und sturmgepeitschte Standorte abwechseln, und wenn in Betracht gezogen wird, daß jedem Standorte eine ganz bestimmte Gestalt des stofferzeugenden Organes am besten entspricht, so darf es nicht überraschen, daß gerade an den Gliedern der Pflanze, welchen die Bildung organischer Stoffe obliegt, die größtmögliche Abwechselung vorkommt, ja es darf auch nicht überraschen, daß an einem und demselben Sprosse in seinen verschiedenen Stockwerken verschieden gestaltete Mittelblätter angetroffen werden, und daß mitunter an dem gleichen Pflanzenstocke in den aufeinander folgenden Jahreszeiten verschieden gestaltetes Laub ausgebildet wird. Überdies ist zu erwägen, daß neben der erwähnten wichtigsten Funktion die Mittelblätter nicht selten auch noch eine Nebenfunktion auszuführen haben, daß sie vielfach die Zuleitung des Regenwassers zu den Saugwurzeln besorgen, als Kletterorgane oder auch als Waffen eine Rolle spielen, ja selbst als Organe zur Verdauung gefangener Tiere thätig sein können, womit wieder sehr eigentümliche Metamorphosen der Mittelblätter zusammenhängen. Durch die schon früher erwähnte Gliederung der Mittelblätter in drei Teile, nämlich in die Spreite, den Stiel und die Scheide mit den Nebenblättern, ist eine Verteilung dieser verschiedenen Nebenfunktionen ermöglicht; selbstverständlich wird aber infolge dieser Teilung der Arbeit innerhalb eines und desselben Blattes auch der Aufbau wieder um so komplizierter und mannigfaltiger.

Von den Botanikern, welche die abweichenden Gestalten durch Beschreibungen festzuhalten suchen, wurde für jede Gestalt ein eigner Name gebildet, und insbesondere wurden

für die Mittelblätter etwa hundert verschiedene Ausdrücke zur kurzen Bezeichnung der auffallendsten Formen eingeführt. Indem man diese Ausdrücke der botanischen Kunstsprache entsprechend den thatsächlichen Vorkommnissen verbindet und verschiebt, ist man im stande, die vielen tausend verschieden gestalteten Mittelblätter kurz und bündig zu beschreiben, und, was von besonderm Werte und eigentlich der wichtigste Zweck dieser Beschreibungen ist, ein andrer vermag auf Grund der Beschreibungen den Gegenstand auch wiederzuerkennen.

Zunächst wird die Blattspreite beschrieben, deren Umriß alle erdenklichen geometrischen Formen: quer-oval, kreisrund, elliptisch, rhombisch, rhomboidisch, dreieckig, fünfeckig ꝛc., zeigen kann. Sehr häufig ist auch die Blattspreite in die Länge gezogen, und es sind die seitlichen Ränder unter sich weithin parallel, was dann lineal genannt wird. Das freie Ende der Blattspreite ist bald spitz, bald stumpf, bald in eine lange Spitze zusammengezogen, bald wieder wie abgeschnitten oder auch wie eingedrückt oder herzförmig ausgerandet. Die Basis der Blattspreite ist in dem einen Falle verengert und gegen den Stengel hin zusammengezogen, in andern Fällen ist die Spreite im Umrisse nierenförmig, pfeilförmig, spießförmig, lanzettförmig, eiförmig, spatelförmig, halbmondförmig ꝛc. Die Spreite ist entweder ungeteilt und wird dann ganzrandig genannt, oder sie zeigt vom Rande her bald auffallende, bald unscheinbare Einschnitte. Sind diese nur klein, so nennt man die Blattspreite gekerbt, gesägt, gezahnt oder ausgefressen; sind sie groß, so heißt der Blattrand ausgeschweift oder buchtig. Gehen die Einschnitte tiefer in die grüne Fläche der Spreite, so werden die Ausdrücke: gelappt, gespalten, geteilt, zerschlitzt und zerschnitten gebraucht. Es kann ein zerschnittenes Blatt den Eindruck machen, als wäre dasselbe aus mehreren Blättchen zusammengesetzt, und solche Blätter hat man auch zusammengesetzte Blätter geheißen, zumal dann, wenn an der Basis der einzelnen Teilblättchen sich jene merkwürdigen Gelenkswülste ausgebildet finden, deren auf S. 498 gedacht wurde.

Mit dem Baue und der Gestalt der Blattspreite steht auch die Verteilung der das grüne Gewebe durchziehenden Stränge im engsten Zusammenhange. Man hat zur Bezeichnung dieser Stränge Ausdrücke aus der Anatomie des Tierkörpers gewählt und sie bald Adern, bald Rippen, bald Nerven genannt. Der Name Adern hat insofern einige Berechtigung, als die meisten dieser Stränge Zellen und Gefäße enthalten, welche der Zu- und Ableitung flüssiger Stoffe dienen. Da es aber auch Stränge gibt, welche mit dieser Leitung nichts zu thun haben und ausschließlich zur Festigung der ganzen Spreite ausgebildet sind, so ist dieser Name unpassend und könnte wohl nur figürlich angewendet werden. Ähnlich verhält es sich mit der Bezeichnung Rippen. In vielen Fällen machen die in Rede stehenden Stränge allerdings den Eindruck von Rippen, und die Gesamtheit derselben im Bereiche einer Spreite könnte mit einem Skelete verglichen werden, welchem die Weichteile an- und eingefügt sind. Man hat auch geradezu von Blattskeleten gesprochen, und es scheint diese Art der Bezeichnung um so mehr berechtigt, als nach Entfernung der Weichteile ein bleiches Gerüst erhalten wird, das mit dem Knochenskelete eines tierischen Körpers große Analogie zeigt. Wenn man nämlich die Spreiten grüner Laubblätter einige Zeit hindurch im Wasser macerieren läßt, so gehen die dünnwandigen Zellen mitsamt der Oberhaut in Verwesung über, während die derben Stränge sich erhalten, und wenn man nun solche Blätter wieder aus dem Wasser nimmt, trocknet und mit einer Bürste beklopft, so werden alle zerfallenen Weichteile entfernt, und es bleibt nur das Skelet des Blattes übrig, an dem man ähnlich wie an dem Skelete eines Tieres größere und kleinere, in der verschiedensten Weise verbundene Teile erkennt. Bei dem Umstande aber, daß die meisten dieser Stränge neben jenen Zellen, welche zur Festigung der ganzen Spreite dienen, auch Leitungsröhren enthalten, ja daß manche derselben nur aus zu- und ableitenden Gefäßen bestehen, ist es doch wieder nicht erlaubt, von Skeletteilen zu

sprechen und die so zierlich verschränkten Stränge Rippen zu nennen. Noch unglücklicher gewählt ist endlich der Name Nerven, denn mit diesen Gebilden des tierischen Organismus haben die Stränge der Blattspreiten weder im Baue noch in der Funktion irgend eine Ähnlichkeit, und es ist darum auch von dieser Bezeichnung, obschon sie von den beschreibenden Botanikern am häufigsten in Anwendung gebracht wird, abzusehen.

Am einfachsten und richtigsten ist es, die in Frage stehenden Gebilde als das zu bezeichnen, was sie sind, nämlich als Stränge: Stränge aus langgestreckten und faserförmigen Zellen, die in der mannigfaltigsten Weise mit röhren- und schlauchförmigen Gefäßen kombiniert sind, und deren Elemente teilweise der Leitung flüssiger Stoffe von und zu dem grünen Gewebe dienen, teilweise der ganzen Spreite die nötige Widerstandsfähigkeit, die dem jeweiligen Bedürfnisse entsprechende Zug-, Druck- und Biegungsfestigkeit verleihen.

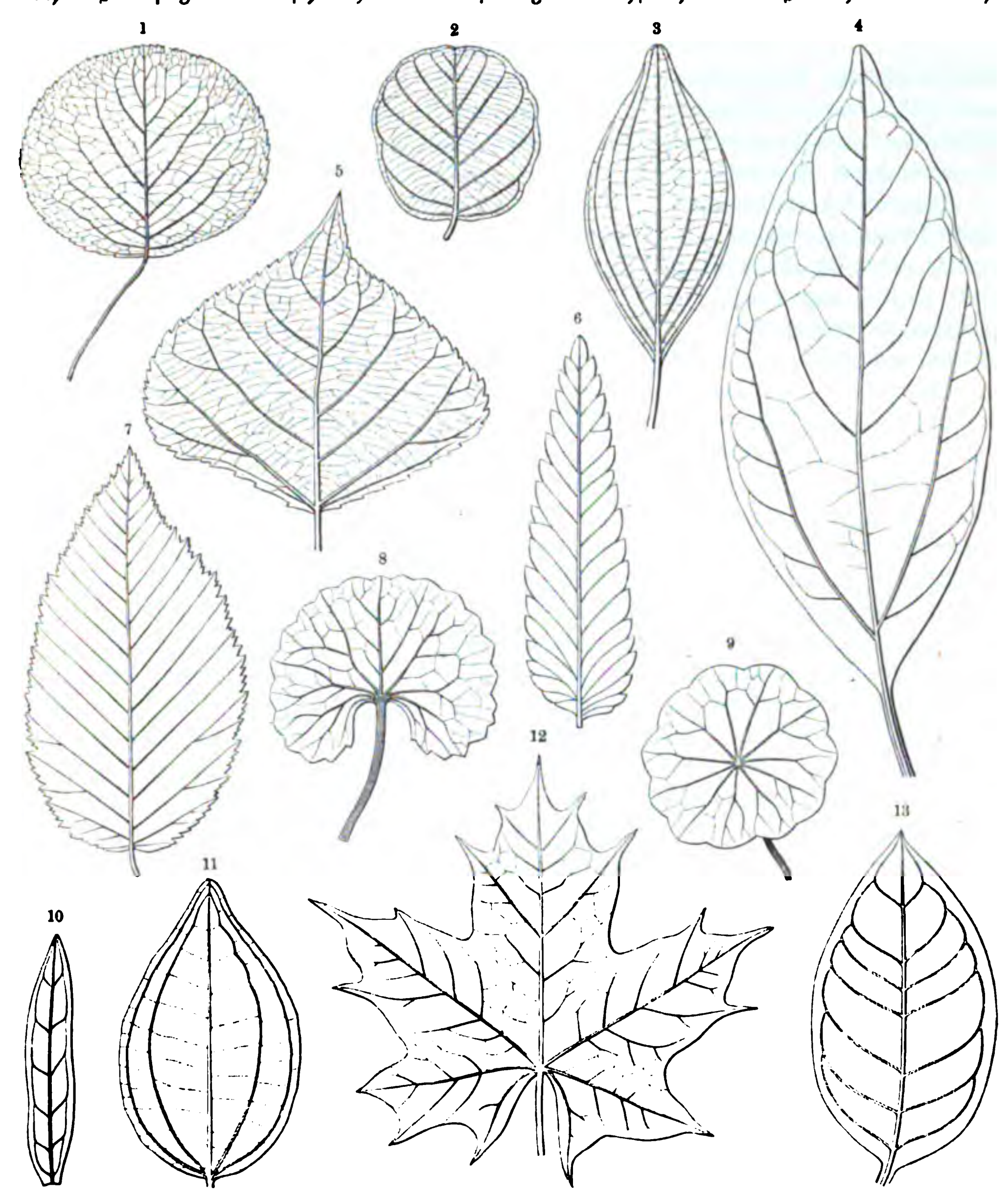
Wenn man dem Ursprunge der Stränge im Bereiche einer Blattspreite nachforscht, so wird man stets auf den Stamm hingelenkt, von welchem das betreffende Blatt seinen Ausgang nimmt, mit andern Worten: die ersten Spuren jener Stränge, welche als ein reichgegliedertes System die Blattspreite durchziehen, finden sich schon im Stamme und erstrecken sich von da durch Blattscheide und Blattstiel zur Basis der Spreite. Hier ist also gewissermaßen die Eingangspforte für die Stränge, und nachdem sie diese passiert haben, findet eine Verteilung statt, nicht unähnlich der Verteilung eines Stromes, der aus einer Thalenge in eine Ebene hinaustritt und sich dort in zahlreiche größere und kleinere Arme auflöst, oder vielleicht noch besser zu vergleichen mit einer Wasserleitung, deren von Mauern und Dämmen eingefaßte und gefestigte Hauptröhren sich an den Grenzen der zu versorgenden Stadt in mehrere große Röhrenstränge auszweigen, welche die einzelnen Bezirke durchziehen und sich dort wieder in zahlreiche kleine, in die einzelnen Häuser und Wohnräume führende Leitungsröhren auflösen.

Es lassen sich mit Rücksicht auf das Verhalten der Stränge an der Eingangspforte, beziehentlich an der Basis der Blattspreite zweierlei Formen der Verteilung unterscheiden. In dem einen Falle tritt nur ein einziger dicker Strang, den man Primärstrang oder Hauptstrang nennt, in die Blattspreite ein, um sich dann innerhalb der schmalen Pforte zu verteilen und aufzulösen; in dem zweiten Falle treten drei oder mehrere getrennte Hauptstränge nebeneinander in die Spreite über, zeigen auch noch im Mittelfelde der Spreite einen getrennten Verlauf, verbinden sich aber dort auch häufig durch Brücken, Spangen und Zwischennetze. Man unterscheidet hiernach Blattspreiten mit einem Hauptstrange und Blattspreiten mit mehreren Hauptsträngen.

Die Blattspreiten mit einem Hauptstrange lassen sich wieder in zwei Gruppen zusammenstellen und zwar je nach der Form und dem Verlaufe der Seitenstränge, welche aus dem von der Basis zur Spitze der Spreite geradlinig sich erstreckenden Hauptstrange ihren Ursprung nehmen. Entweder sind diese Seitenstränge sämtlich schwächer als der Hauptstrang und entspringen nacheinander in gewissen Abständen, ähnlich wie Rippen von einer Wirbelsäule oder wie die Barten von der Spindel einer Feder, und man spricht dann auch von einer fiederförmigen Anordnung der Seitenstränge (s. Abbildung auf S. 589, Fig. 1—7, 10, 13), oder aber es sind die Seitenstränge fast ebenso kräftig wie der Hauptstrang, zweigen von diesem unmittelbar an der Basis der Spreite ab und verlaufen von diesem Punkte ähnlich wie Strahlen gegen den Rand der Blattfläche. In diesem letztern Falle wird die Anordnung der Seitenstränge strahlenförmig genannt (s. Abbildung auf S. 589, Fig. 8, 9, 11, 12).

Wenn die Seitenstränge fiederförmig angeordnet sind, so ist es der gewöhnlichste Fall, daß sie in betreff der Stärke miteinander übereinkommen, daß sie sich gleichmäßig über die ganze Spreite verteilen und, in ziemlich gleichen Abständen aus dem Hauptstrange

entspringend, wenigstens im Beginne einen parallelen Verlauf nehmen. Seltener kommt es vor, daß kräftigere und schwächere Seitenstränge abwechseln, und daß auch die Winkel,



Verteilung der Stränge in den Spreiten der Mittelblätter. Formen mit einem Hauptstrange: 1. Netzläufig (Pirus communis). — 2. Schlingenläufig (Rhamnus Wulfenii). — 3. Bogenläufig (Cornus mas). — 4. Bogenläufig; die zwei untersten Seitennerven viel kräftiger als die übrigen (Laurus Camphora). — 5. Unvollkommen strahlläufig (Populus pyramidalis). — 6. Randläufig; in den Ausbuchtungen des Blattrandes endigend (Rhinanthus). — 7. Randläufig; in den Sägezähnen des Blattrandes endigend (Ostrya). — 8. Netzläufig (Hydrocotyle Asiatica). — 9. Netzläufig in der Spreite eines schildförmigen Blattes (Hydrocotyle vulgaris). — 10. Schlingenläufig (Myosotis palustris). — 11. Bogenläufig (Phyllagathis rotundifolia). — 12. Randläufig (Acer platanoides). — 13. Schlingenläufig (Eugenia). Vgl. Text, S. 588—592.

unter welchen sie aus demselben Hauptstrange abzweigen, eine ungleiche Größe zeigen. Bei dem Kampferbaume (Laurus Camphora, Fig. 4), den Zimtrindenbäumen (Cinnamomum)

und noch mehreren andern mit dem Lorbeer verwandten Pflanzen findet man die Eigentümlichkeit, daß zwei Seitenstränge, welche vom untern Drittel des Hauptstranges ausgehen, auffallend kräftiger sind als die übrigen, was dann den Eindruck macht, als wäre eine dreizinkige Gabel in das Blatt eingeschaltet worden. An dem Glaskraute (Parietaria), dessen Blätter ähnliche Verhältnisse zeigen, wechseln kräftigere und schwächere Seitenstränge ab, und seltsamerweise entspringen die kräftigern unter spitzem, die schwächern unter rechtem Winkel aus dem Hauptstrange. Im übrigen werden die Seitenstränge mit fiederförmiger Anordnung als Netzläufer, Schlingenläufer, Bogenläufer und Randläufer unterschieden.

Netzläufig (diktyodrom) nennt man jene Seitenstränge, welche sich alsbald nach ihrem Ursprunge aus dem Hauptstrange, jedenfalls noch, bevor sie den Rand der Spreite erreicht haben, in ein zierliches Netzwerk auflösen, dessen Maschen von nahezu gleicher Größe sind, so daß man einen Strang, welcher kräftiger hervortreten und gewissermaßen die Führung in dem Gewirre der kleinern Stränge übernehmen würde, gegen den Rand der Spreite hin nicht mehr unterscheiden kann. Es ist in der Abbildung auf S. 589, Fig. 1, als Beispiel für diese Form das Blatt des wilden Birnbaumes (Pirus communis) eingeschaltet. Man findet diese Strangverteilung aber auch noch an sehr zahlreichen mit dem Birnbaume verwandten Pflanzen und außerdem an den Weiden, den Alpenrosen, den Sauerdorn- und Salbeiarten und noch vielen andern.

Schlingenläufig (brachydodrom) werden jene Seitenstränge genannt, welche ziemlich gerade und deutlich hervortretend gegen den Rand verlaufen, aber, bevor sie diesen erreicht haben, in einem schön geschwungenen Bogen nach vorn zu umbiegen, sich mit dem nächstfolgenden vordern Seitenstrange verbinden und mit demselben eine Schlinge bilden. Diese Schlingen heben sich stets aus dem andern zarten Netzwerke der kleinern Stränge deutlich ab, und es ist diese Anordnung der Stränge auf den ersten Blick zu erkennen. Sie wird an den Blättern der Kirsch- und Weichselbäume, an jenen mehrerer Faulbäume (Rhamnus Frangula und Wulfenii, s. Abbildung auf S. 589, Fig. 2), den Myrtengewächsen (Myrtus, Metrosideros, Eugenia, s. Abbildung auf S. 589, Fig. 13), vielen Ampferarten und Nachtschattengewächsen sowie insbesondere den rauhblätterigen Pflanzen (Asperifolieen) beobachtet. Manchmal ist das zwischen die Seitenstränge eingeschaltete Netz aus feinern Strängen so zart, daß es dem freien Auge kaum sichtbar ist, und dann bemerkt man in jede Blatthälfte nur eine Reihe kräftiger Schlingen wie Arkaden hineingezeichnet. Bei dem Beinwell und dem Lungenkraute (Symphytum und Pulmonaria) sind diese Schlingen schon im Mittelfelde noch ziemlich weit entfernt vom Rande der Blattspreite ausgebildet, bei dem Kirschbaume und dem Faulbaume dagegen bilden sich die Schlingen erst knapp vor dem Blattrande. Manchmal sind die Seitenstränge sehr zart, erstrecken sich geradlinig vom Hauptstrange bis knapp zum Rande, biegen aber hier ganz plötzlich knieförmig um und bilden einen nahezu rechten Winkel. Der eine äußere Schenkel dieses Winkels verläuft nun parallel mit dem Blattrande und schließt sich an das Knie des nächst vordern Seitenstranges an. Auf diese Weise entsteht ein parallel zum Blattrande verlaufender Strang, welcher mit dem mittlern Hauptstrange durch quer laufende Spangen verbunden erscheint. Diese Form der Schlingenläufer kommt bei den Myrtaceen sehr regelmäßig vor, aber auch mehrere tropische Moreen sind durch sie ausgezeichnet, und die Blätter des Vergißmeinnichts (Myosotis) zeigen gleichfalls diesen sonderbaren Verlauf der Seitenstränge (s. Abbildung auf S. 589, Fig. 10).

Bogenläufig (kamptodrom) nennt man Seitenstränge, welche von ihrer Ursprungsstätte am Hauptstrange gegen den Blattrand verlaufen, denselben aber nicht erreichen, sondern sich bogenförmig gegen die Blattspitze wenden und sich dort verlieren, ohne deutlich hervortretende Schlingen zu bilden. In der Regel sind die Ursprünge an der untern Hälfte des Hauptstranges zusammengedrängt, und die beiden obersten bogigen Seitenstränge fassen

dann ein ovales Mittelfeld ein. Als Beispiel für diese Form des Verlaufes erscheint in der Abbildung auf S. 589, Fig. 3, der Hartriegel (Cornus mas) gewählt.

Randläufig (kraspedodrom) heißen jene Seitenstränge, welche vom Hauptstrange weg geradlinig bis zum Rande verlaufen und dort ihr Ende finden. Entweder münden sie in den Kerben oder Lappen oder auch in den Spitzen der Sägezähne des Randes, wie bei den Haselnußsträuchern, den Eichen- und Kastanienbäumen, den Hainbuchen und Hopfenbuchen (s. Abbildung auf S. 589, Fig. 7), oder in den Einschnitten und Ausbuchtungen des Randes, wie bei der Bartsie, dem Augentroste und Klappertopfe (Bartsia, Euphrasia und Rhinanthus) und überhaupt bei allen Rhinanthaceen (s. Abbildung auf S. 589, Fig. 6).

Die Seitenstränge mit strahlenförmiger Anordnung zeigen ganz ähnliche Verhältnisse wie jene mit fiederförmigem Verlaufe. Verhältnismäßig häufig sind sie netzläufig, wie namentlich an den Geranien und Malven, dem Judasbaume (Cercis Siliquastrum) und vielen Doldengewächsen, wie z. B. an den in Fig. 8 abgebildeten Blättern der Hydrocotyle Asiatica. Bei einigen Seerosen werden auch schlingenläufige Seitenstränge beobachtet, und für die Melastomaceen sind die bogenläufigen Seitenstränge sehr charakteristisch. Bei diesen Melastomaceen (s. Abbildung auf S. 589, Fig. 11) entspringen die Seitenstränge an der Basis der Blattspreite aus dem Hauptstrange und ziehen in schön geschwungenen Bogen parallel zum Blattrande gegen die Blattspitze. Von einem zum andern und auch zum Hauptstrange sind dann zahlreiche quer laufende Verbindungsstränge wie Spangen eingeschaltet, wodurch diese Blattform ein ungemein zierliches Ansehen erlangt. Randläufige, strahlenförmig angeordnete Seitenstränge zeigen die Blätter der Ahorne, namentlich schön der Spitzahorn (Acer platanoides), dessen Blatt auf S. 589, Fig. 12, abgebildet ist. Auch die Platanen (Platanus) zeigen solche in den Blattspitzen endigende, randläufige Seitenstränge, doch ist bemerkenswert, daß hier bei einer Art die Abzweigung der Seitenstränge vom Hauptstrange nicht unmittelbar an der Basis der Spreite, sondern etwas oberhalb derselben stattfindet. Eine eigentümliche Modifikation der Seitenstränge mit strahlenförmiger Anordnung beobachtet man auch an den sogenannten schildförmigen Blättern (s. Abbildung auf S. 589, Fig. 9). Es sind das Blätter, deren Spreite mehr oder weniger kreisrund ist und mit dem mittelständigen Stiele so in Verbindung steht wie etwa das Dach mit dem Stiele an einem Sonnenschirme. Von dem Ansatzpunkte des Stieles laufen die Stränge strahlenförmig nach allen Richtungen der Spreite aus, und ohne nähere Untersuchung der Beziehungen solcher Blätter zum Stengel ist es oft ganz unmöglich, zu sagen, welcher der ringsum ausstrahlenden Stränge als Hauptstrang zu gelten hat. Man findet diese Anordnung bei den meisten Arten der Gattung Wassernabel (Hydrocotyle, s. Abbildung auf S. 589, Fig. 9), bei der Kapuzinerkresse, dem Rizinus und dem Nelumbium, welch letztere Pflanze auch die Eigentümlichkeit zeigt, daß ihre schildförmigen Blätter in der Mitte napfförmig vertieft sind.

Eine besondere Erwähnung verdient hier auch noch jene Anordnung der Stränge, welche man als unvollkommen strahlläufig bezeichnet hat. Die Blätter der Linden und Pappeln, der Maulbeerbäume und Zürgelbäume, jene des tatarischen Ahorns (Acer Tataricum) und noch zahlreicher andrer Pflanzen weisen einen kräftigen Hauptstrang auf, welcher die Spreite in eine rechte und linke Hälfte teilt. An der Basis der Spreite entspringen aus diesem Hauptstrange zwei Seitenstränge, die nahezu von derselben Dicke sind wie der Hauptstrang und strahlenförmig gegen den Blattrand verlaufen. Insoweit ist hier die Anordnung der Stränge ganz so wie bei den andern Strahlläufern. Während aber bei den Blättern der Malven und Geranien sowie bei jenen des Spitzahorns der Hauptstrang im Mittelfelde der Blattspreite sich nicht stärker verteilt als die Seitenstränge, weicht er in dieser Beziehung in den Blättern der Linden, Pappeln und des tatarischen Ahorns sehr

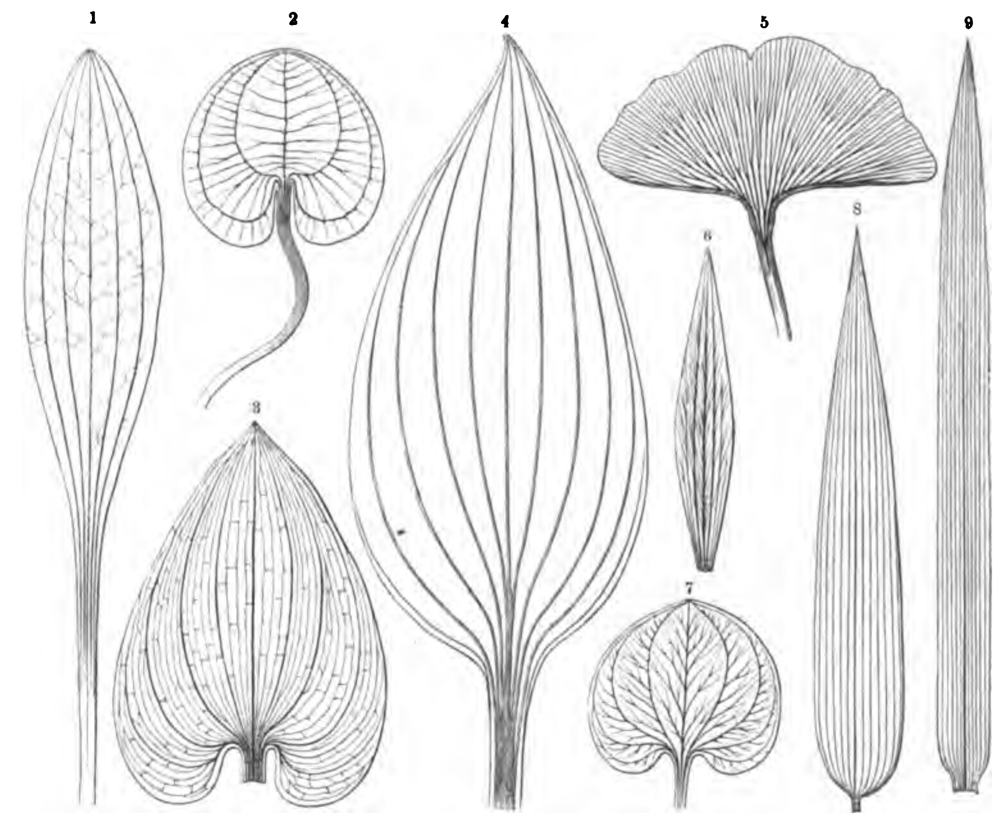
auffallend ab; er sendet nach rechts und links noch mehrere Seitenstränge aus, so daß im vordern Teile der Blattspreite eine fiederförmige Anordnung zur Ansicht kommt, wie an dem als Beispiel gewählten Blatte der Pyramidenpappel (Populus pyramidalis, s. Abbildung auf S. 589, Fig. 5) zu sehen ist. Man könnte diese Anordnung der Stränge als eine Übergangsform von der strahlenförmigen zu der fiederförmigen auffassen.

Die Blattspreiten mit mehreren Hauptsträngen bieten bei weitem weniger Abwechselung als jene mit nur einem Hauptstrange. Sie sind fast immer ganzrandig und meistens wie in die Länge gezogen. Die auffallendsten Verschiedenheiten an denselben werden veranlaßt durch die Zahl der in die Basis einlaufenden Hauptstränge, durch die wechselnde Dicke derselben und durch die Richtung, welche sie in der Spreite einschlagen. Auch kommt noch in Betracht, ob sie sich gabelig verteilen, und ob die Seitennerven, welche sie abgeben, als quer laufende Spangen oder als feinmaschige Netze ausgebildet sind.

Wenn das letztere der Fall ist, wenn nämlich die getrennt in die Spreite einlaufenden und gegen die Blattspitze hinziehenden Hauptstränge durch ein aus eckigen Maschen bestehendes Netz von Seitensträngen verkettet sind, so nennt man sie spitzläufig (akrodrom). Spitzläufige Hauptstränge zeigen die zahlreichen breitblätterigen Arten des Wegerichs (Plantago), die zu den Doldenpflanzen gehörigen Arten der Gattung Hasenohr (Bupleurum), von welchen das Blatt einer Art (Bupleurum falcatum) in der Abbildung auf S. 593, Fig. 1, dargestellt ist. An diesem Hasenohrblatte sind die Hauptstränge in der verschmälerten Basis der Spreite zusammengedrängt, und die Maschen des Netzes zwischen den Hauptsträngen werden vorwaltend aus quer laufenden Seitensträngen gebildet; an der neuholländischen Epakridee Leucopogon Cunninghami (s. Abbildung auf S. 593, Fig. 6) werden dagegen die sehr engen Maschen des Netzes aus längsläufigen Seitensträngen des Netzes zusammengesetzt. Eine ganz eigentümliche Form der spitzläufigen Anordnung der Stränge ist jene, welche die ältern Botaniker „fußnervig" nannten. Aus dem Blattstiele kommen drei getrennte Stränge in die Basis der Spreite: der mittlere Strang ist verhältnismäßig dünn und setzt sich geradlinig gegen die Blattspitze fort; die beiden seitlichen sind dick, krümmen sich sofort, nachdem sie in die Spreite eingetreten sind, bogenförmig nach rechts und links, bilden häufig eine feste Berandung des herzförmigen Ausschnittes der Spreite und senden dann gegen den vordern Rand der Spreite bogenförmige Seitenstränge, welche dem mittlern Hauptstrange nahezu gleichkommen und bei oberflächlicher Betrachtung selbst für Hauptstränge gehalten werden könnten. Diese Anordnung findet man bei der Osterluzei und Haselwurz (Aristolochia Clematitis und Asarum Europaeum), an zahlreichen Veilchen und Ranunkulaceen und an dem Studentenröschen (Parnassia palustris), dessen Blatt in der Abbildung auf S. 593, Fig. 7, dargestellt ist.

Krummläufig (kampylodrom) nennt man Hauptstränge, welche in Mehrzahl, aber immer gesondert in die Spreite einlaufen, und von welchen die äußern in einem zum Blattrande parallelen Bogen gegen die Blattspitze hinziehen. Die Seitenstränge, welche häufig so zart sind, daß man sie mit freiem Auge nicht zu erkennen vermag, bilden immer Spangen, welche sich in querer Richtung zwischen den benachbarten Hauptsträngen ausspannen. In dem in der Abbildung auf S. 593, Fig. 3, dargestellten Blatte des Schattenblümchens (Majanthemum bifolium) ist die Zahl der Hauptstränge sehr groß, und es sind die spangenförmigen Seitenstränge kurz, an dem auf S. 593 durch Fig. 2 dargestellten Blatte des Froschbisses (Hydrocharis Morsus ranae) ziehen nur fünf Hauptstränge durch die der Blattspreite; die verbindenden Spangen sind auffallend lang und treten deutlich hervor. An den Bananen und Gewürzschilfen (Musa, Maranta, Zingiber, Canna) machen die krummläufigen Hauptstränge den Eindruck von bogenläufigen Seitensträngen, welche von einem einzigen mittlern Hauptstrange abzweigen. Sieht man aber näher zu, so stellt sich heraus, daß

die wie ein Kiel durch die Mitte des Blattes ziehende dicke Rippe nicht ein einzelner Hauptstrang ist, sondern aus mehreren gesonderten Hauptsträngen besteht, welche einer großzelligen Gewebemasse eingelagert sind. Diese Hauptstränge biegen dann nacheinander seitwärts aus dem Kiele ab, ziehen gegen den Blattrand und krümmen sich dort bogenförmig gegen die Spitze. Bei den Bananen erstreckt sich dieses von Parenchym eingehüllte Bündel getrennter Stränge von der Basis bis zur Spitze, bei den Arten der Gattung Funkia (s. untenstehende Abbildung, Fig. 4) beiläufig bis zur Mitte der Spreite.



Verteilung der Stränge in den Spreiten der Mittelblätter. Formen mit mehreren Hauptsträngen: 1. Spitzläufig (Bupleurum falcatum). — 2. Krummläufig (Hydrocharis Morsus ranae). — 3. Krummläufig (Majanthemum bifolium). — 4. Krummläufig (Funkia). — 5. Fächerläufig (Ginkgo biloba). — 6. Spitzläufig (Leucopogon Cunninghami). — 7. Spitzläufig, „fußnervig" (Parnassia palustris). — 8. Parallelläufig (Bambusa). — 9. Parallelläufig (Oryza clandestina). Vgl. Text, S. 591—594.

Wenn mehrere gesonderte Hauptstränge aus der Blattscheibe oder dem Blattstiele in die Spreite einlaufen, dort in geringen Abständen nebeneinander auf eine verhältnismäßig weite Strecke parallel verlaufen, ohne sich zu verteilen, und erst dicht vor der Blattspitze zusammenneigen, so nennt man sie parallelläufig (parallelodrom). Man findet diese Anordnung der Stränge bei vielen lilienartigen Gewächsen, bei Orchideen, Binsen, Seggen und insbesondere bei den tausend verschiedenen Gräsern. Das Einlaufen in die Blattspreite erfolgt entweder aus einer breiten Scheide, wie z. B. bei der Reisquecke (Oryza clandestina, s. obenstehende Abbildung, Fig. 9), und dann sind die getrennten Stränge schon an der Basis der Spreite in deutlichen Abständen leicht zu erkennen, oder aber es ist eine Art kurzes Stielchen der Spreite ausgebildet, wie bei den Bambusblättern (s. obenstehende Abbildung, Fig. 8), und dann erscheinen die einlaufenden Stränge an der Basis der Spreite

knieförmig gebogen. Die parallel laufenden Stränge sind meistens von ungleicher Dicke, der mittlere ist fast immer stärker und kräftiger als die seitlichen. Aber auch unter den seitlichen wechseln häufig dickere und dünnere ab und zwar in einer für jede Art bestimmten Weise. Bei der Waldzwenke (Brachypodium silvaticum) liegen z. B. zwischen je zwei kräftiger hervortretenden immer drei bis fünf schwächere. Die letztern sind oft so ungemein zart, daß sie mit freiem Auge nicht erkannt werden können. An dem in natürlicher Größe in der Abbildung auf S. 593, Fig. 9, vorgeführten Blatte der Reisquecke erkennt das unbewaffnete Auge elf nahezu gleich dicke Stränge; unter der Lupe sieht man zwischen je zwei derselben noch fünf viel zartere Stränge. Wenn Seitenstränge erkennbar sind, welche die benachbarten parallelen Hauptstränge verbinden, so haben diese stets die Gestalt von Querspangen.

Endlich ist hier noch jener merkwürdigen Anordnung der Stränge zu gedenken, welche als fächerläufig (diadrom) bezeichnet wird. Einige wenige Hauptstränge laufen getrennt in die Blattspreiten ein, teilen sich wiederholt in gabelige, gerade vorgestreckte Äste, und die letzten Verästelungen endigen am vordern Blattrande. Dieser Verlauf der Stränge bedingt eine ganz eigentümliche Blattform, die man mit einem geöffneten Fächer am besten vergleichen könnte. Als Beispiel für diesen im ganzen genommen ziemlich seltenen Verlauf der Stränge kann der japanische Ginkgo (Ginkgo biloba, s. Abbildung auf S. 593, Fig. 5) dienen. Außerdem beobachtet man diese Form noch an mehreren Farnen (z. B. Adiantum arcuatum, Acrostichum sphenophyllum und Livingstonei). In betreff des Ginkgo wäre noch zu erwähnen, daß aus dem Blattstiele in der Regel nur vier Stränge getrennt in die Spreite einlaufen, zwei mittlere, sehr zarte und zwei seitliche, sehr kräftige, von welch letztern aber eine große Menge von feinen sich gabelnden und nach vorn verlaufenden Strängen ihren Ursprung nimmt.

Außer den hier beschriebenen Fällen der Anordnung der Stränge in den Blattspreiten gibt es noch manche, welche sich nur gezwungen in dem festgestellten Rahmen unterbringen lassen; ebenso gibt es Zwischenformen, welche ebensogut in die eine wie in die andre unsrer künstlichen Abteilungen gestellt werden können, und welche man bei Beschreibungen durch Verbindung der Kunstausdrücke anschaulich zu machen sucht. So findet man z. B. Mittelformen zwischen Bogenläufern und Netzläufern, welche man als Bogen-Netzläufer beschreibt, u. s. f. Das Netz aus feinern Strängen, welches sich zwischen die benachbarten Hauptstränge und in jenen Fällen, wo nur ein Hauptstrang vorhanden ist, zwischen die benachbarten Seitenstränge einschaltet, ist übrigens bei der Beurteilung der ganzen Strangverteilung gleichfalls zu berücksichtigen, und man hat für den Verlauf der von den Seitensträngen ausgehenden feinern Stränge folgende Ausdrücke festgestellt. Stellen sich dieselben senkrecht auf den Seitenstrang, aus dem sie entspringen, so nennt man sie rechtläufig; sind sie schief zur Linie dieses Seitenstranges, aber zugleich senkrecht gegen den benachbarten Hauptstrang gerichtet, so werden sie querläufig genannt, und sind sie schief zur Linie des Seitenstranges, aber zugleich parallel zur Linie des Hauptstranges, so heißt man sie längsläufig. Der erste Fall ist der häufigste, für den zweiten, der bei weitem seltener vorkommt, kann das Blatt des Hartriegels als Beispiel dienen, und der dritte Fall, der seltenste von allen, wird an den Blättern der Frühlingsprimel (Primula officinalis) beobachtet.

Es verdient nochmals besonders hervorgehoben zu werden, daß die Verteilung und Anordnung der Stränge von den einzelnen Pflanzenarten bei dem Aufbaue ihrer Blattspreiten mit großer Genauigkeit festgehalten wird. Um so auffallender ist die Thatsache, daß dasselbe nicht immer auch von den Pflanzengattungen und Pflanzenfamilien gilt. Es gibt allerdings Pflanzenfamilien, deren sämtliche Glieder in dieser Beziehung große Übereinstimmung zeigen, wie beispielsweise die Rhinanthaceen, Asperifolieen,

Melastomaceen und Myrtaceen; aber diesen Fällen stehen andre gegenüber, wo es sich umgekehrt verhält. So z. B. zeigen die verschiedenen Primulaceen-Gattungen die weitest gehenden Verschiedenheiten, und selbst die einzelnen Arten der Gattung Primula weichen in betreff der Anordnung und des Verlaufes der Stränge in den Spreiten der Mittelblätter mehr voneinander ab als etwa die Myrtaceen von den Asperifolieen. Nichtsdestoweniger hat die genaueste Feststellung und Beschreibung der Strangverteilung in den Blättern für jenen Zweig der Botanik, dessen Aufgabe es ist, für die einzelnen Arten beständige Unterscheidungsmerkmale zu ermitteln, sowie für diejenigen botanischen Disziplinen, welche den gemeinsamen Grundplan für den Aufbau größerer Pflanzengruppen herauszufinden sich zur Aufgabe stellen, einen hohen Wert, und es wird diesen Verhältnissen in neuerer Zeit auch die gebührende Aufmerksamkeit zugewendet. **Die größte Bedeutung aber hat die sorgfältige Untersuchung der Strangverteilung in den Blättern für die Paläontologie** und insofern für die Geschichte der Pflanzenwelt. Was sich von Gewächsen aus frühern Perioden in den Schichten des Gesteines eingebettet erhalten hat, besteht vorwaltend aus einzelnen Blättern und aus Bruchstücken derselben, oft von sehr dürftigem Ansehen. An diesen Bruchstücken ist häufig nicht einmal die Berandung, geschweige denn der ganze Umriß der Spreite deutlich zu erkennen. Was aber selbst an dem kleinsten Fragmente eines Blattes unterschieden werden kann, sind die Stränge und das Netz, welches sich zwischen die gröbern Stränge einschiebt. Oft genug ist der Paläontolog nur auf solche spärliche Reste angewiesen, wenn er Aufschluß erhalten will über die Pflanzenarten, welche in längst verschollenen Zeiten unsern Erdball bevölkerten. Da gewinnt dann selbst das unscheinbarste Blattnetz eine hervorragende Bedeutung. Wie der mit der Geschichte des Menschengeschlechtes beschäftigte Forscher aus den Schriftzeichen einer mühsam entzifferten Papyrusrolle auf die Zustände des Haushaltes, auf die staatlichen Einrichtungen, auf die Sitten, Gewohnheiten und die Intelligenz der vor zweitausend Jahren im Nilthale seßhaften Bevölkerung zurückschließt, ebenso vermag der Botaniker, welcher die Geschichte der Pflanzen zu erforschen, den Zusammenhang von Einst und Jetzt aufzuklären strebt, aus den fossilen Blättern die in vergangenen Perioden lebenden Arten zu erkennen und die Zustände der Vegetation, wie sie vor vielen Jahrtausenden bestanden, herauszulesen. Mögen die in dieser Richtung bisher gewonnenen Forschungsresultate auch noch manche Lücken aufweisen, mögen die Ergebnisse bei nochmaliger Untersuchung reichern Materiales vielfache Ergänzungen und Berichtigungen erfahren, die Geschichte der Pflanzenwelt ist in ihren Hauptzügen erforscht, und was in dieser Beziehung in dem verhältnismäßig kurzen Zeitraume eines halben Jahrhunderts erreicht wurde, gehört zu den staunenswerten Errungenschaften der Naturwissenschaft. Vor unserm geistigen Blicke sind die Wälder und Fluren erstanden, welche vor langer, langer Zeit das Festland der Steinkohlenperiode schmückten, es erheben sich vor uns die Bestände schwanker Kalamiten, die starren Wedel der Cykadeen und das Dickicht unzählbarer Farne, wir sind im stande, Landschaftsbilder aus der Jura- und Kreideperiode zu entwerfen, und sehen die Ufer der Flüsse besäumt mit Zimtbäumen, immergrünen Eichen, Walnuß- und Tulpenbäumen. Und alle diese Bilder aus der Pflanzenwelt ferner und fernster Zeiträume konnten nur entworfen werden auf Grund von Bestimmungen der Pflanzenarten mit Hilfe der minutiösesten Untersuchungen der Anordnung und Verteilung der Stränge in den fossilen Blättern!

Wenn man die Blätter fossiler und lebender Pflanzen miteinander vergleicht, so fällt auf, daß die Stränge an den erstern deutlicher als an frischen, saftstrotzenden Blattspreiten hervortreten. Es hängt das davon ab, daß an den lebenden Pflanzen die Stränge häufig von parenchymatischem Gewebe umgeben und eingehüllt sind, so daß man sie oberflächlich gar nicht zu sehen bekommt, während an den fossilen Pflanzenresten das parenchymatische Gewebe

ganz zersetzt ist und nur die Stränge sich erhalten haben. Wenn an einem Blatte die Stränge im Innern des Gewebes verlaufen und oberflächlich gar nicht sichtbar sind, so nennt man sie gewebeläufig (hyphodrom). Die Dickblätter haben fast durchgehends gewebeläufige Stränge. Den Gegensatz zu denselben bilden jene Stränge, welche an beiden Seiten des Blattes über das grüne Gewebe vorspringen, was im ganzen genommen sehr selten der Fall ist. Daß sich die Stränge nur an einer Blattseite und zwar an der untern als Kanten und Leisten erheben, wird dagegen häufig beobachtet; auch kommt es öfters vor, daß dem Verlaufe der Stränge an der obern Blattseite tiefe Furchen, an der untern Seite stark vorspringende Rippen entsprechen. Ungewöhnlich stark vorspringende Rippen an der untern Seite zeigen die auf dem Wasser schwimmenden großen Blattscheiben der Victoria regia. In den Blättern der untergetaucht lebenden Wasserpflanzen treten dagegen die Stränge sehr zurück; manche entbehren sogar der Gefäße und zeigen nur Stränge aus langgestreckten Zellen, wie z. B. die Blätter der berühmten Vallisnerie. Es ist das auch begreiflich, da die Ansprüche auf Säulen- und Biegungsfestigkeit an untergetauchten Blättern sehr geringe sind und auch die Zufuhr des Wassers und der Nährsalze mittels besonderer Leitungsröhren überflüssig ist. Zahlreiche andre auffallende Beziehungen zwischen dem innern Baue der Blattspreiten und den eigentümlichen Verhältnissen des Standortes der Pflanze wurden bereits bei früherer Gelegenheit erörtert, und es kann hier füglich auf die Darstellung, welche die Flachblätter, Rollblätter, Dickblätter, Schraubenblätter, Bogenblätter, Röhrenblätter, die sich faltenden Grasblätter ꝛc. in dem III. Abschnitte gefunden haben, verwiesen werden.

Auch die Gestalt der Blattstiele, Nebenblätter und Blattscheiben in ihrer Abhängigkeit von eigentümlichen Verhältnissen der Umgebung wurde bei früherer Gelegenheit wiederholt besprochen, und es genügt hier, daran zu erinnern, daß die Blattstiele als Träger der lichtbedürftigen grünen Spreiten vorzüglich die Aufgabe haben, diese zu wenden und zu drehen, zu heben und zu senken, zu allen Zeiten in das rechte Licht zu setzen und sie trotz Sturm und Ungewitter in der günstigsten Lage zu erhalten. Die Hauptaufgabe der Nebenblätter aber besteht darin, daß sie das Übermaß des Lichtes von den noch jugendlichen, eben erst aus den Knospen hervorkommenden Blattspreiten abhalten und diese auch vor zu starkem Wärmeverluste in hellen Nächten schützen. Vielfach werden durch die Nebenblätter auch die Knospendecken ersetzt, und in den Knospen der Feigenbäume sieht man die noch sehr kleinen zusammengerollten Blattspreiten in die Nebenblätter wie in eine Tüte eingewickelt. Wenn den Nebenblättern nur die hier angedeuteten Aufgaben zufallen, so lösen sie sich nach Entfaltung der von ihnen geschützten Blattspreite regelmäßig ab und fallen zu Boden. Daher sieht man kurz nach der Entfaltung des Laubes der Eichen, Buchen und andern Laubhölzer den Grund der aus diesen Bäumen gebildeten Waldbestände mit ungeheuern Mengen abgefallener Nebenblätter bestreut. Wenn die Nebenblätter an den Seiten des Blattstieles stehen bleiben und grünes Gewebe enthalten, können sie ohne Zweifel die grünen Blattspreiten in ihrer Funktion unterstützen und so wie diese aus unorganischer Nahrung organische Stoffe erzeugen. Bei dem Waldmeister, dem Labkraute und der Färberröte (Asperula, Galium, Rubia) zeigen die Nebenblätter sogar gleiche Größe, gleichen Zuschnitt und gleiche Färbung wie die Spreiten der beiden gegenüberstehenden Mittelblätter, und es entsteht dadurch ein Stern von grünen Blattgebilden, welchem die genannten Pflanzen den Namen Sternkräuter verdanken. Auch bei dem Stiefmütterchen (Viola tricolor) und zahlreichen mit diesem verwandten Veilchenarten sind die Nebenblätter grün und übertreffen an Umfang mitunter die Blattspreite, deren Basis sie zu stützen haben.

Eine seltsame Bildung beobachtet man an der auf Feldern im südlichen Europa als Unkraut häufig vorkommenden Platterbse (Lathyrus Aphaca). Die Mittelblätter dieser

Pflanze sind vollständig in Ranken umgewandelt, welche als Kletterorgane dienen, die beiden Nebenblätter, welche an der Basis des so metamorphosierten Blattes stehen, haben dagegen die Funktion der Blattspreiten übernommen; sie sind sehr groß, mit grünem Gewebe ausgestattet, von pfeilförmigem oder spießförmigem Umrisse und werden bei flüchtiger Betrachtung für Blattspreiten gehalten. Daß eine ähnliche Verschiebung der Funktionen auch an vielen neuholländischen Akazien vorkommt, und daß deren Mittelblätter der grünen Spreiten entbehren, die Blattstiele dagegen als grüne, flächenförmig ausgebreitete Organe, als sogenannte Phyllodien, ausgebildet sind, wurde bereits auf S. 310 besprochen.

In allen diesen Fällen handelt es sich stets um die wichtigste Funktion der Mittelblätter, d. h. die Bildung organischer Stoffe aus unorganischer Nahrung im Sonnenlichte. Wie schon früher erwähnt, kommen aber den Mittelblättern vieler Pflanzen auch noch andre Funktionen zu, welche wieder gewisse eigentümliche Anpassungen bedingen und zur Vielgestaltigkeit der Mittelblätter nicht wenig beitragen. Ein Teil dieser Metamorphosen, so namentlich die Umbildung der Blattspreiten und Blattstiele zu Fang- und Verdauungsorganen bei den Tierfängern, die Metamorphose von Spreiten, Blattstielen und Nebenblättern zu Waffen und die Ausbildung von Furchen und Rinnen an den verschiedenen Teilen der Mittelblätter, durch welche das Regenwasser zu den Saugwurzeln hingeleitet wird, endlich auch die Umbildung der Mittelblätter in trockenhäutige kleine Schuppen bei den Rutensträuchern und Flachsproßgewächsen, wurde bereits in frühern Kapiteln eingehend behandelt, ein andrer Teil dieser Umbildungen für eine bestimmte Nebenfunktion, so insbesondere die Metamorphose von Teilen der Mittelblätter zu Ranken, Haken und Krallen, mit deren Hilfe die Stengel an festen Stützen zum Lichte emporzuklettern im stande sind, endlich die Umwandlung der Blattscheiben zu Schutzmitteln der Blüten gegen unberufene Gäste, soll, um Wiederholungen zu vermeiden, unter einem mit den andern Klettervorrichtungen und Blüten-Schutzmitteln später zur Besprechung kommen. Hier wäre nur noch der Entwickelung von Schwimmvorrichtungen an einigen Sumpf- und Wasserpflanzen und der Ausbildung besonderer Zellen zum Durchbrechen der Erde an jenen Mittelblättern, welche bei beginnendem Wachstume unter der Erde der schützenden Hülle besonderer Niederblätter entbehren, zu gedenken.

Was die Schwimmvorrichtungen anlangt, so trifft man dieselben nur bei verhältnismäßig wenigen Pflanzenarten an, besonders auffallend bei der brasilischen Pontederia crassipes und bei den wenigen Arten der Gattung Wassernuß (Trapa). In beiden Fällen sind es die Blattstiele, welche blasenförmig oder tonnenförmig aufgetrieben sind und einigermaßen an die schlauchförmig aufgetriebenen Blattstiele des Cephalotus, der Sarracenien und der Kannenpflanzen erinnern, sich aber von diesen dadurch unterscheiden, daß die tonnenförmige Auftreibung ringsum geschlossen ist und in dem gefächerten Innenraume weder Verdauungsorgane enthält, noch auch mit Stacheln besetzt ist, welche das Entkommen gefangener Tiere verhindern sollen. Pontederia crassipes ist an den festen Grund unter Wasser nicht durch Wurzeln festgewachsen, sondern die Stöcke schwimmen frei auf der Oberfläche der Teiche. Für diese Pflanze ist es von Wichtigkeit nicht nur, daß sie ein geringes spezifisches Gewicht hat, sondern auch, daß ihre über dem Wasser entfalteten, rosettig gruppierten Blätter den Luftströmungen eine große Angriffsfläche bieten, und daß doch die Beleuchtung der grünen Teile dabei nicht beeinträchtigt wird. Durch die eigentümlichen blasigen Blattstiele ist beides erreicht, und es werden auch diese seltsamen Schwimmpflanzen wie Schiffe hierhin und dorthin durch die Luftströmungen über den Wasserspiegel fortgetrieben.

Die Stöcke der Wassernuß sind durch Wurzeln im Schlammboden unter dem Wasser festgewachsen und nicht auf das freie Herumschwimmen eingerichtet. Die untergetauchten Blätter sind fein kammförmig zerschlitzt und haben ein so geringes spezifisches Gewicht,

daß sie, vom Stamme losgelöst, sofort an die Wasseroberfläche emporkommen; die obersten, dem Wasserspiegel aufliegenden, rosettig gruppierten Blätter zeigen rhombische, derbe, fast lederige Spreiten, aber auch diese sinken, wenn man sie isoliert, nicht unter, und man begreift daher nicht recht, welchen Vorteil in diesem Falle die tonnenförmig aufgetriebenen Blattstiele haben sollen. Wenn man aber im Hochsommer aus den zwischen den Blättern der schwimmenden Rosette ausgebildeten Blüten die schweren, großen Früchte hervorgehen sieht, so wird es klar, daß hier die Schwimmfähigkeit der Rosettenblätter darum erhöht ist, weil sonst die ganze Rosette durch das Gewicht der Nüsse in die Tiefe hinabgezogen und an einen Platz versetzt werden würde, welcher für die Funktion ihrer Blattspreiten der denkbar ungünstigste wäre. Den mit Spaltöffnungen versehenen grünen Spreiten würde es unter Wasser unmöglich sein, organische Stoffe zu erzeugen und diese an die ausreifende Frucht als Reservestoffe abzuliefern, sie würden dort auch nicht atmen können, daher samt den noch nicht ganz ausgereiften Früchten dahinsiechen und zu Grunde gehen.

In den unterirdischen Knospen ausdauernder Pflanzen sind die ersten Anlagen der Mittelblätter in der Regel von Niederblättern umhüllt, welche die Aufgabe haben, als Schild und Schirm zu dienen und insbesondere bei dem Durchbrechen der Erde die Rolle von Schutzorganen zu übernehmen. Diese meist scheidenartigen Niederblätter wachsen, wie bereits früher geschildert, mit den sich streckenden Mittelblättern so lange empor, bis die Erde durchbrochen ist, und ihre aus turgeszierenden Zellen zusammengesetzten Spitzen dienen als förmliche Erdbrecher und Erdbohrer. An einem andern Teile der über Winter mit unterirdischen Knospen oder Zwiebeln sich erhaltenden Gewächse entbehren aber die jungen aufsprossenden Mittelblätter dieser Beihilfe, müssen sich selbst den Weg durch die Erde bahnen und bringen ohne scheidige Umhüllung über den Boden hervor. Dabei muß von ihnen eine mehr oder weniger mächtige Erdschicht durchbohrt werden, und diese Erdschicht ist häufig aus hartem, im Bruche scharfkantigem Lehme gebildet, oder sie enthält spitze Steinchen und eckige Sandkörner eingeschlossen. Damit nun auf diesem holperigen und rauhen Wege die emporwachsenden Mittelblätter keinen Schaden nehmen, sind sie so gebogen, gedreht, gefaltet und zusammengelegt, daß sie insgesamt einen Kegel darstellen, und, was das Wichtigste ist, der Scheitel dieses Kegels, der wie ein Erdbohrer vordringt und hierbei auf das zu durchbrechende Erdreich einen starken Druck ausübt, ist mit besondern Zellen gewappnet, welche mit jenen an der Spitze der scheidenförmigen Niederblätter und an dem knieförmig gebogenen Keimblatte des Knoblauches (s. S. 567) eine große Ähnlichkeit besitzen. Bei vielen Pflanzen, welche eine tief gelappte oder fein zerteilte Spreite der Mittelblätter besitzen, wird der Scheitel des die Erde durchbohrenden Kegels von dem Knie des hakig einwärts gebogenen Blattstieles gebildet. So z. B. kommen die Mittelblätter der gelb blühenden Eisenhutarten (Aconitum Vulparia, Lycoctonum ꝛc.) nicht mit den Blattspitzen, sondern mit dem konvexen Teile des knieförmig gebogenen Blattstieles zuerst über die Erde hervor. Solange das Blatt noch im Durchbrechen begriffen ist, sind die feinen freien Spitzen seiner Abschnitte nach abwärts gerichtet, und erst wenn der hakig umgebogene Blattstiel über die Erdoberfläche emporgetaucht ist, streckt er sich gerade und hebt und zieht dabei die Blattspreite aus der Erde heraus. Die freien Spitzen der Blattspreite, welche bisher abwärts gerichtet waren, werden, oberirdisch angelangt, in die entgegengesetzte Richtung gebracht, und die ganze Spreite entfaltet sich dann zu einer der Bodenoberfläche parallelen Scheibe. Bei den größern Farnen mit unterirdischen überwinternden Knospen, wie z. B. bei dem gewöhnlichen Waldfarne (Aspidium Filix mas), beobachtet man einen ganz ähnlichen Vorgang. Die Wedel am Ende des Wurzelstockes sind spiralig eingerollt, die zarten Abschnitte derselben sind dicht zusammengelegt und übereinander geschlagen und von der kräftigen Spindel des Blattes wie von einem dicken Reifen umgeben. Nur die

Rückseite dieser eingerollten Spindel kommt mit der zu durchbrechenden Walderde in Kontakt, hebt die oberflächlichsten Schichten bei dem allmählichen Aufrollen mit großer Gewalt empor, und die zarten Abschnitte werden erst entfaltet, nachdem der betreffende Teil der Spindel über die Erde an die Luft emporgewachsen ist und sich dort gerade gestreckt hat.

Auf eine ganz eigentümliche Weise wird die Erde von den schildförmigen Blattspreiten des **Podophyllum peltatum** durchbrochen. Solange die Blätter dieser Pflanze noch klein sind und unter der Erde stecken, machen sie den Eindruck eines zusammengefalteten Sonnenschirmes. Die gefaltete Spreite ist nach abwärts geschlagen und dicht an den senkrecht emporwachsenden dicken Stiel angeschmiegt. Am freien Ende des Stieles, welches, wenn an dem obigen Vergleiche festgehalten wird, der Spitze eines aufrecht gehaltenen Sonnenschirmes entsprechen würde, findet sich eine Gruppe chlorophylloser, turgeszierender, dünnwandiger Zellen, welche dem Sammelpunkte der strahlenförmig von dort auslaufenden Blattstränge wie ein weißer Knopf aufsitzt, und es bildet diese turgeszierende Zellgruppe zugleich den Scheitel des die Erde durchbohrenden Kegels. Nur diese Zellgruppe drückt, wenn der Blattstiel in die Höhe wächst, auf die überlagernden Erdschichten, durchbricht sie und kommt auch zuerst oberirdisch zum Vorscheine. Die noch hinabgeschlagene und an den Stiel angeschmiegte Spreite wird dann infolge fortdauernder Verlängerung des Stieles durch das in der Erde gebohrte Loch emporgeschoben. Über der Erde angelangt, spannt sich die bisher noch immer herabgeschlagene Blattspreite endlich aus, ein Vorgang, der sich ganz so ausnimmt, wie wenn ein zusammengefalteter Sonnenschirm aufgespannt wird. Die oben erwähnte Zellgruppe aber, welche als Vorstoß gedient hatte, büßt jetzt ihre Turgeszenz ein, ist aber noch immer als ein weißer Fleck in der Mitte der bräunlichgrünen ausgebreiteten Blattspreite sichtbar. An den Arten der Gattungen **Acanthus** und **Hydrophyllum**, welche sich durch fiederförmig gespaltene Blätter auszeichnen, sind die Lappen der noch unter der Erde geborgenen Spreite ähnlich wie bei **Podophyllum** herabgeschlagen, das Durchbrechen der Erde wird aber bei ihnen durch eigentümliche Buckel und blasenförmige Wülste an den obersten Lappen, die wieder aus stark turgeszierenden Zellen bestehen, vermittelt. Bei der Haselwurz (**Asarum**) ist es die Spitze des der Länge nach zusammengefalteten untern Blattes, welche aus turgeszierenden Zellen zusammengesetzt wird und, nach oben wachsend, wie ein Keil die Erde auseinander drängt. Bei dem Bärenlauche und Hundszahne (**Allium ursinum** und **Erythronium Dens canis**), bei den Milchsternen und Hyazinthen und vielen andern Zwiebelgewächsen, desgleichen bei zahlreichen Orchideen unsrer Wiesen und Wälder, deren Knospen, in tiefgründiger Erde eingebettet, den Winter überdauern, ist die Spitze der untersten Blattspreite zu einem förmlichen Erdbrecher umgestaltet. Gewöhnlich ist sie kapuzenförmig gestaltet oder sitzt wie eine Kappe den zusammengefalteten Spitzen der andern, demselben Stocke angehörenden Blattspreiten auf. Immer findet sich an der die andern überdeckenden Blattspitze eine Gruppe chlorophylloser Zellen, welche sich schon durch ihre weißliche Farbe von der Umgebung deutlich unterscheidet. Bei der Mehrzahl der untersuchten Pflanzen sind diese Zellen dünnwandig, zeigen aber eine starke Turgeszenz, nur bei wenigen, wie z. B. bei dem Bärenlauche (**Allium ursinum**), sind ihre Wände verdickt, und es ist dann die ganze Blattspitze fast hornartig. Diese Gruppe aus turgeszierenden Zellen bildet stets den Scheitel des aus der unterirdischen Knospe hervorwachsenden Blätterkegels. Nachträglich, wenn einmal dieser Kegel emporgeschoben ist und die Blätter sich über der Erde ausgebreitet haben, erschlaffen die früher prallen Zellen der Blattspitze, vertrocknen, werden braun und brüchig, und man sieht dann die Spitze der betreffenden Blätter wie abgedorrt. Bei der Haselwurz und bei mehreren Orchideen sind die Spitzen der ausgewachsenen und ausgebreiteten untern Blätter sogar regelmäßig gebräunt und wie verbrannt, und zwar auch dann, wenn sie beim Durchdringen der Erde nicht im geringsten verletzt wurden.

Unter dem Namen **Hochblätter** werden alle jene zusammengefaßt, welche an den Befruchtungsvorgängen und der Erzeugung des Keimlinges unmittelbar oder mittelbar beteiligt sind. Zunächst gehören hierher die Blattgebilde, in deren Bereiche sich die Keimzelle ausbildet, jene Zelle, aus welcher nach erfolgter Befruchtung der Keimling hervorgeht, weiterhin die Blätter, in welchen die unter dem Namen Pollen bekannten befruchtenden Zellen entstehen, und endlich alle jene, welche entweder die Vereinigung der Pollenzellen mit den Keimzellen vermitteln, oder diese zweierlei Geschlechtszellen während ihrer Entwickelung gegen äußere nachteilige Einflüsse zu schützen die Aufgabe haben. Da die hier nur flüchtig angedeuteten Vorgänge im zweiten Bande des „Pflanzenlebens“ geschildert werden sollen und bei diesen Schilderungen auch die Gestalt der Hochblätter zu berücksichtigen sein wird, so kann hier von einer eingehenden Darstellung dieser Gebilde Umgang genommen werden, und es sollen dieselben im nachfolgenden nur insoweit behandelt werden, als **zum Verständnisse der Architektonik der ganzen Pflanzenstöcke und zum Verständnisse einer Reihe von Ausdrücken der botanischen Kunstsprache** notwendig ist.

In betreff der Aufeinanderfolge und Gruppierung der Hochblätter ist als eine der auffallendsten Erscheinungen hervorzuheben, daß die letzten und obersten Hochblätter immer sehr genähert und in der Regel als dicht gedrängte Wirtel ausgebildet sind. Diese gehäuften Hochblätter bilden zusammengenommen die **Blüte**. Der Sproß, welcher an seinem freien Ende die Blüte trägt, wird **Blütenstiel** (pedunculus) genannt.

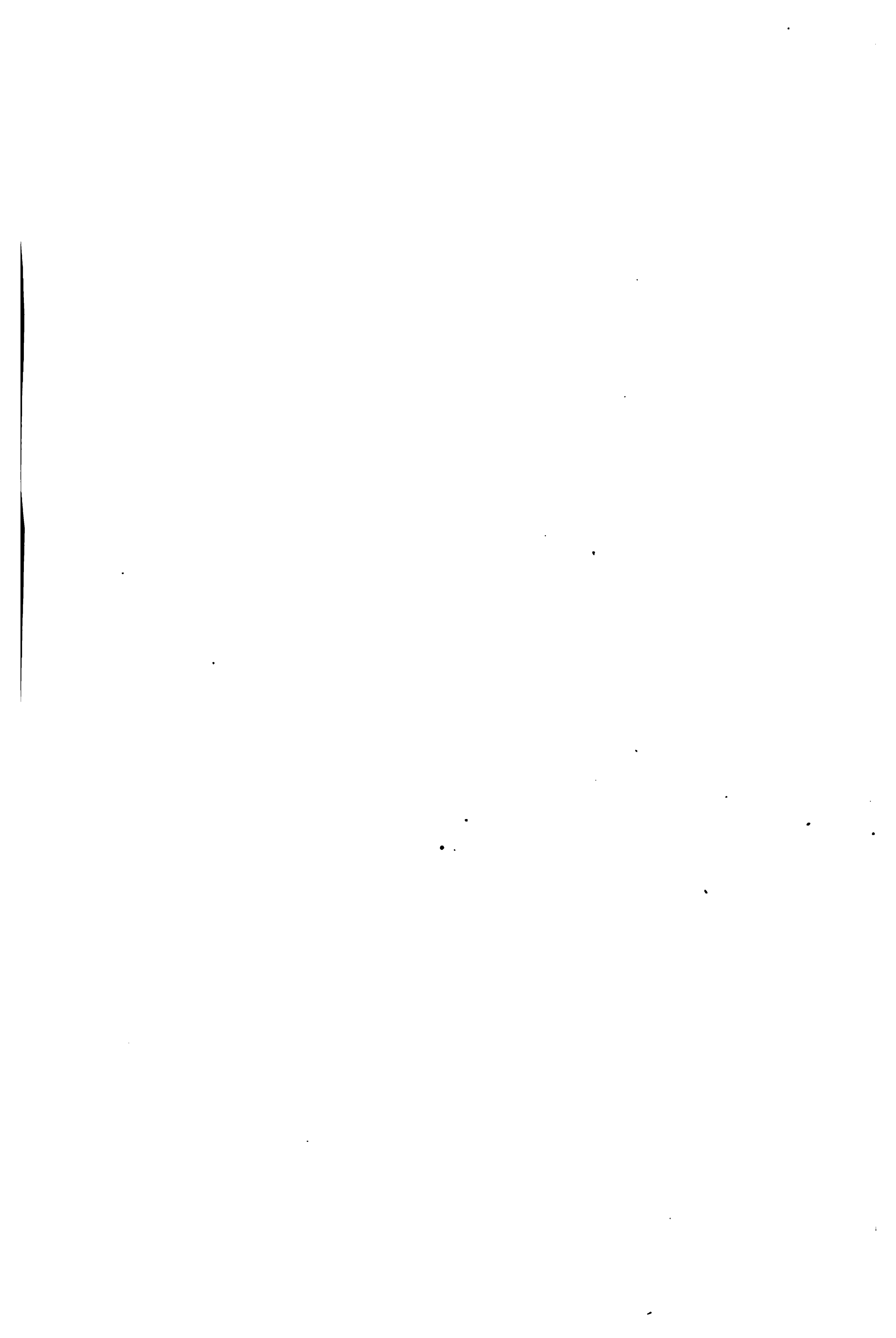
Die Achse, welche durch die Blüte abgeschlossen wird, ist nur in seltenen Fällen, nämlich nur bei einigen einjährigen Kräutern, die gerade Verlängerung jenes Sprosses, welcher aus der ersten über dem Keimblattstocke angelegten Knospe hervorgegangen ist (s. Abbildung, S. 12). In diesem Falle folgen an demselben Sprosse über den Mittelblättern unmittelbar die zur Blüte zusammengedrängten Hochblätter, und die Blüte wird dann **endständig** genannt. Viel häufiger zweigt der blütentragende Sproß oder Blütenstiel von einem ältern Sprosse seitlich ab und entspringt dicht über einem Blatte, welches man Stützblatt heißt, und in diesem Falle spricht man von **seitenständigen** Blüten. Gewöhnlich sind mehrere Blüten in bestimmter Weise gruppiert, und für solche Gruppierungen hat man die Bezeichnung **Blütenstand** (inflorescentia) eingeführt. Das **Stützblatt** (folium fulcrans) stimmt entweder in der Form, Größe und Farbe mit den tiefer stehenden, als Laub fungierenden Mittelblättern überein und wird dann **laubartig** genannt, oder dasselbe weicht im Zuschnitte und Umfange sowie in der Färbung von den Laubblättern ab und wird dann als **Deckblatt** (bractea) angesprochen.

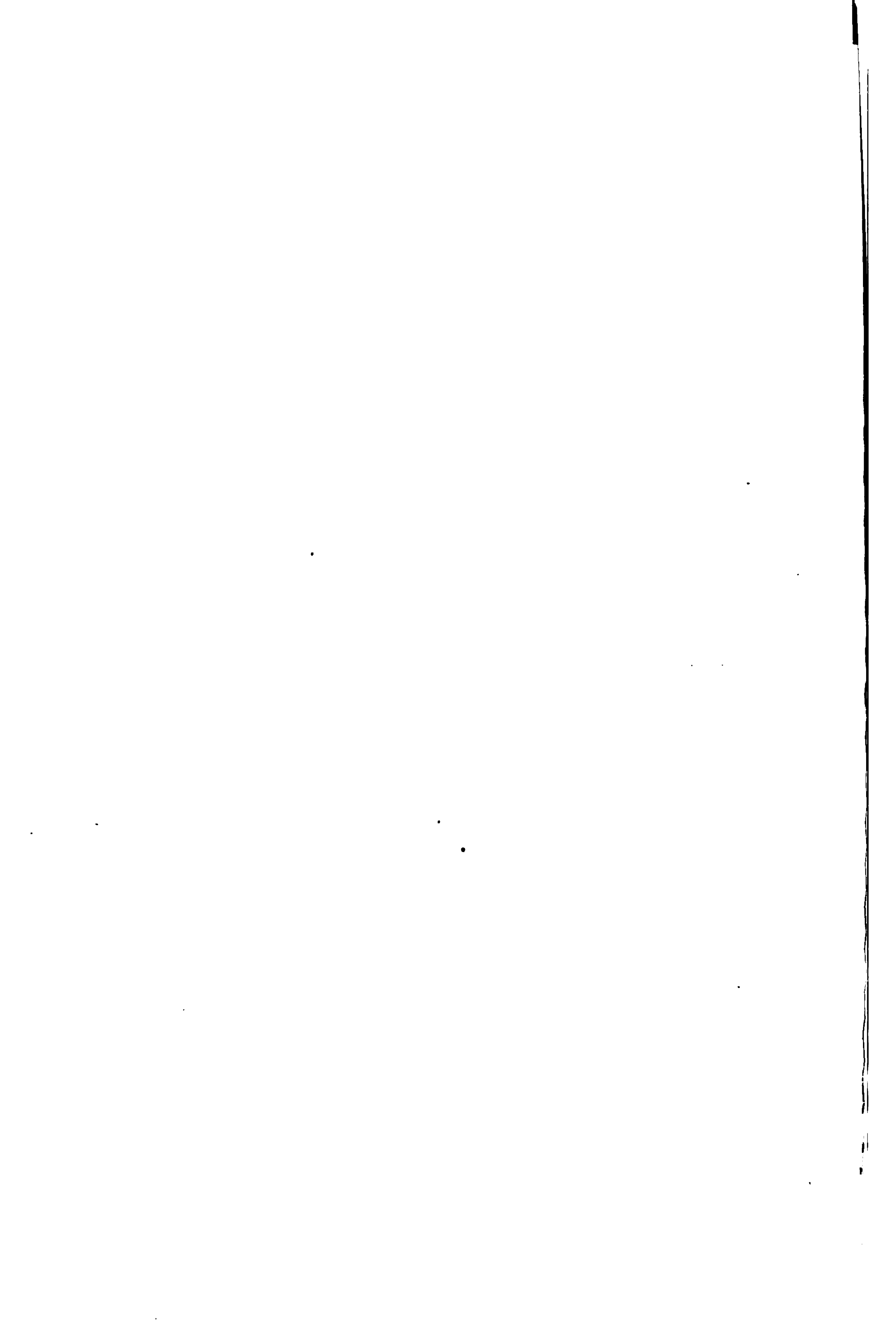
Solche von den Laubblättern abweichende Blätter haben immer schon eine besondere Beziehung zu den Befruchtungsvorgängen und werden daher schon zu den Hochblättern gerechnet. Manchmal ist ein ganzer Blütenstand von einem einzigen sehr großen Deckblatte gestützt oder eingehüllt, und in solchen Blütenständen, die namentlich für die Palmen und Aroideen sehr charakteristisch sind, findet man die Deckblättchen an der Basis der einzelnen Blütenstiele gewöhnlich unentwickelt; das große allgemeine Deckblatt aber wird **Blütenscheide** (spatha) genannt. Eine mit Stacheln besetzte Blütenscheide zeigt die auf S. 636, Fig. 3, abgebildete Kletterpalme. Es kommt auch vor, daß ein Teil der Blüten eines Blütenstandes nicht zur Entwickelung gelangt, und daß dann Deckblätter ohne darüberstehende Blüten zu sehen sind. Finden sich solche „leere Deckblätter“ gehäuft an der Basis des Blütenstandes, in eine Ebene gerückt oder dort in sehr gedrängten Schraubenumgängen gruppiert, so spricht man von einer **Blütenhülle** (involucrum); sind sie an der Spitze des ganzen Blütenstandes zu sehen, so wird die aus ihnen gebildete Gruppe ein **Schopf** (coma) genannt. Kleine, starre, trockne und chlorophyllose Deckblättchen in der Mitte dicht gedrängter Blütenstände heißen **Spreublättchen** oder **Spreuschuppen** (paleae).





KÖNIGIN DER NACHT. Cereus nycticalus (Mexiko).





An den Blüten unterscheidet man Blumenblätter, Pollenblätter und Fruchtblätter. Die Blumenblätter sind entweder schraubig oder wirtelig angeordnet. Das erstere beobachtet man in der auffallendsten Weise an den Kakteen, von welchen eine Art, nämlich die wegen ihres Aufblühens in der Nacht und noch wegen verschiedener andrer merkwürdiger Lebenserscheinungen später nochmals zu besprechende „Königin der Nacht“ (Cereus nycticalus) auf der beigehefteten Tafel abgebildet ist. An den Blüten dieser Pflanze sind über hundert Blumenblätter in kleinen vertikalen Abständen entlang einer Schraubenlinie so gruppiert, daß die kleinsten zu unterst, die größten zu oberst stehen, nicht unähnlich den Blättern des Hüllkelches an dem Köpfchen eines Korbblütlers. Diese schraubenförmige Anordnung ist aber, wenigstens in so auffallender Form, selten, weit häufiger bilden die Blumenblätter zwei aufeinander folgende Wirtel. Besteht der untere Wirtel aus grünen Blättern, welche im Baue und im ganzen Ansehen mit Laubblättern übereinstimmen, während der obere aus zartern, in allen möglichen, nur nicht grünen Farben prangenden Blattgebilden zusammengesetzt wird, so heißt der untere Kelch (calix), der obere Krone (corolla). Sind sämtliche Blumenblätter gleich oder doch sehr ähnlich gestaltet und gefärbt, wobei es gleichgültig ist, ob sie nur einen oder zwei Wirtel bilden, so spricht man von einem Perigon (perigonium). Dasselbe ist entweder grün (kelchartig) oder nicht grün (kronenartig).

Die Pollenblätter (stamina), welche von den Botanikern in früherer Zeit auch Staubblätter oder Staubgefäße genannt wurden, sind so wie die Blumenblätter gewöhnlich wirtelig, seltener schraubig angeordnet. Jedes Pollenblatt besteht aus der Anthere (anthera), das ist jenem Teile, in dessen Zellen der Pollen ausgebildet wird, und aus dem Träger dieser Anthere, welcher häufig fadenförmig gestaltet ist und den Namen Staubfaden (filamentum) führt. Staubfaden und Anthere entsprechen in vielen Fällen dem Scheidenteile und Stiele des Blattes, und es ist an solchen Pollenblättern die Spreite ganz unterdrückt; in andern Fällen ist die Anthere als unterer Teil der Spreite aufzufassen, und dann erscheint die Spitze der Spreite als ein schuppenförmiges Anhängsel oder auch in verschiedenen andern Gestalten, welche mit den Befruchtungsvorgängen im Zusammenhange stehen. Manchmal ist die Spreite des Pollenblattes ganz vom Ansehen eines Blumenblattes, ein Fall, auf welchen noch wiederholt die Rede kommen wird.

Die Fruchtblätter (carpophylla) sind wie die Blumen- und Pollenblätter bald wirtelig, bald schraubig angeordnet. Bei einem Teile der Blütenpflanzen erscheinen sie schuppenförmig und zeigen freie, nicht miteinander verwachsene Ränder, bei einem andern Teile sind sie zusammengerollt und an den Rändern verwachsen, so daß dadurch ein Gehäuse gebildet wird, das man Stempel (pistillum, ovarium) genannt hat. Sind in einer Blüte mehrere Fruchtblätter vorhanden, so kann jedes einzelne einen besondern Stempel bilden, und es erscheinen dann die mehr oder weniger zahlreichen einblätterigen Stempel in schraubenförmiger oder sternförmiger Anordnung als Abschluß des Sprosses in der Mitte der Blüte, wie z. B. bei den Ranunkulaceen und Dryadeen. Bei den Mandeln, Pflaumen und Kirschen, dann bei den Schmetterlingsblütlern und einigen andern mit diesen verwandten Pflanzengruppen ist am Ende des Blütensprosses nur ein einziger einblätteriger Stempel. Am öftesten findet man aber im Zentrum der Blüte mehrere wirtelig gestellte Fruchtblätter zu einem einzigen Stempel verwachsen. Nach der Art und dem Grade der Verwachsung unterscheidet man eine große Zahl verschiedener Baupläne der mehrblätterigen Stempel, die insbesondere zur Charakterisierung der Familien und Gattungen treffliche Anhaltspunkte geben. Die auffallendsten Verschiedenheiten sind dadurch bedingt, daß das eine Mal die wirteligen Fruchtblätter der ganzen Länge nach miteinander verschmolzen sind, während sich ein andermal die Verwachsung nur auf die untern Teile beschränkt, daß manchmal die eingerollten, verwachsenen Ränder der benachbarten Fruchtblätter zu Scheidewänden

im Innern des Stempels werden, was dann zur Fächerbildung führt, während in andern Fällen diese Scheidewandbildung unterbleibt, die Fruchtblätter wie die Dauben eines Fasses sich aneinander schließen und ein ungefächertes Gehäuse bilden.

Man unterscheidet als Teile des Stempels Fruchtknoten (germen), Griffel (stylus) und Narbe (stigma). Der Fruchtknoten entspricht dem Scheidenteile, der Griffel dem Stiele und die Narbe der Spreite des Blattes. Der Fruchtknoten stellt, wie sein Name sagt, in den meisten Fällen ein knotenförmiges Gebilde dar. Umriß und Oberfläche desselben bieten geringe Verschiedenheiten, zumal im Vergleiche zu der unerschöpflichen Mannigfaltigkeit der andern Blütenteile. Am öftesten ist seine Gestalt eiförmig, ellipsoidisch, kugelig oder scheibenförmig, seltener in die Länge gestreckt, cylindrisch und walzenförmig, manchmal auch von der Seite her zusammengedrückt und schwert- oder säbelförmig. Oftmals erheben sich an seinem Umfange, entsprechend der Zahl der Fruchtblätter, welche ihn aufbauen, vorspringende Höcker, Wülste, Ecken, Kanten, Leisten und Kiele, und insbesondere häufig begegnet man drei- und fünfkantigen Formen. Die Haare, Borsten, Stacheln und Flügel, welche an dem zum Fruchtgehäuse gewordenen Fruchtknoten in so auffallender Weise hervortreten, sind zur Zeit des Blühens meistens so unentwickelt, daß man nicht einmal die Anlagen zu diesen Auswüchsen erkennt.

In seinem Innern birgt der Fruchtknoten Gebilde, welche mit den Eiern der Tiere verglichen werden können, und die man dem entsprechend auch Eichen (ovula) genannt hat. Da aus ihnen nach erfolgter Befruchtung die Samen hervorgehen, wurden sie auch als Samenknospen angesprochen. Auch der Name Keimknospen wurde für diese Gebilde ehemals in Anwendung gebracht. Über die Eichen ist von seiten jener Botaniker, welche die unendlich mannigfaltigen Glieder der Pflanze auf einige wenige Grundformen zurückzuführen bestrebt sind und insbesondere feststellen wollen, ob irgend ein Gebilde als Stamm oder Blatt zu gelten habe, viel gestritten worden. Ehemals wurden die Eichen ausnahmslos als Stammgebilde, also als Teile der Achse angesehen, und es wurde jener oberste Teil des Stammes, welcher die Eichen trägt, oder von welchem die Träger der Eichen abzweigen, als Fruchtachse bezeichnet. Man stellte sich vor, daß diese Fruchtachse in der verschiedensten Weise sich verzweige, und daß sie mitunter auch, ähnlich den Flachsprossen, blattartig gestaltet sei, in welchem Falle die Eichen von den Rändern der flächenförmigen Ausbreitung hervorgehen. Auch nahm man an, daß solche Fruchtachsen mit den Fruchtblättern verwachsen sein können, und daß es dann den Eindruck mache, als würden die Eichen aus den Fruchtblättern hervorgehen. Später deutete man die Eichen aller Pflanzen als Blattgebilde, als Teile der Fruchtblätter und leugnete den direkten Ursprung derselben aus der Achse, beziehentlich aus dem Stamme. Es wurden sogar jene Eichen, welche dem in die Mitte des Fruchtknotengehäuses hineinragenden Scheitel der Achse aufsitzen, als Auswüchse der Fruchtblätter angesehen und wurde angenommen, daß sich aus der Basis der vereinigten Fruchtblätter eine frei aufsteigende, in die Fruchtknotenhöhle hineinragende eichentragende Säule erhebe. Auch noch verschiedene andre gezwungene Erklärungen wurden gegeben, auf welche hier einzugehen nicht der geeignete Platz wäre.

Das Widersprechende dieser Erklärungen entfällt, sobald man dem Gegensatze zwischen Stamm und Blatt nicht jenes Gewicht beilegt, welches von den Vertretern der beiden obigen Auffassungen beansprucht wird, und wenn man sich daran erinnert, daß eigentlich alle Blätter aus einem Stamme hervorgehen und die Grenze, wo der Stamm aufhört und das Blatt anfängt, nichts weniger als leicht festzustellen ist. Hält man sich mehr an die Entwickelungsgeschichte und an den thatsächlichen Befund als an jene Spekulationen, welchen das Bild einer idealen Pflanze zu Grunde liegt, und widersteht man auch der Versuchung, alle Baupläne auf einen einzigen Grundplan zurückzuführen, so gelangt man zu dem

Ergebnisse, daß in vielen Fällen die Eichen unmittelbar aus de
hervorgehen, und daß selbst in den frühsten Entwickelungsstufen ke
hang mit den Fruchtblättern existiert. Sie stehen zu dem Stamme
wie die Fruchtblätter, und es ist kein Grund einzusehen, warum
eigentümlich metamorphosierte Blätter aufgefaßt werden sollen. E
die obersten Blätter, welche von der Achse ausgehen, werden nach
teile der Frucht und können dem entsprechend auch als obere Fruch
In solchen Fällen sind zwei aufeinander folgende Wirtel v
wickelt, ein tiefer stehender, dessen Glieder keine Eiche
höher stehender, dessen Glieder nur aus den Eichen und i
werden. Die untern Fruchtblätter stellen sich dann als Gehäu
obern auf Eichen reduzierten Fruchtblätter gewölbt ist, ohne aber
Diese Auffassung ist um so mehr berechtigt, als ähnliche Verl
der Pollenblätter beobachtet werden. Man findet nämlich Blüte
Pollenblätter flächenförmig ausgebreitet sind, während die ober
fadenförmigen Träger derselben reduziert sind.

Es widerspricht auch nichts der Annahme, daß in manchen
tragenden Fruchtblätter mit den unter ihnen stehenden, das G
blättern verwachsen sind, in welchem Falle es dann den Eindr
Eichen unmittelbar aus den untern Fruchtblättern hervorgegan
ziehung liegen ähnliche Verhältnisse in der tiefern Blütenregion
beobachtet, daß die Pollenblätter mit den unter ihnen folgenden B
sind, und daß es ganz so aussieht, als wären die Antheren
der Blumenblätter entsprungen. Die Verwachsung kann eine
getrennte Stränge, von welchen der eine als Mittelrippe des B
als zur Anthere hinleitender Strang anzusehen wäre, nicht zu
sächlich schon in den allerersten Entwickelungsstadien nur ein ei
ist. Ebensogut können aber die Stränge, welche die Rippen der un
und die Stränge des obern Fruchtblattes, welche zu den Eiche
sein, so daß man eine Grenze zwischen beiden nicht zu erkennen

Diese Annahme schließt nicht aus, daß in manchen Fällen ei
Fruchtblättern ausgebildet ist, und daß die Fruchtblätte
nur das Gehäuse bilden, sondern daß aus ihnen zuglei
vorgehen. Das eine Mal sind es die Zähne des Randes solche
Eichen geworden sind, ein andermal sind ganze Fiederabschnitt
metamorphosiert, wieder in einem andern Falle haben sich Zell
rippe der Fruchtblätter zu Eichen ausgestaltet, und endlich könne
Innenfläche der Fruchtblätter unzählige Eichen entwickelt haben

Der innere Bau der Fruchtknotenhöhle wird noch dadurch
der Achse in dem einen Falle als eine Halbkugel oder wie ein
des Gehäuses emporragt, während in andern Fällen das Achsene
nabelförmig eingezogen, mitunter sogar tief ausgehöhlt ist. Es
mannigfaltigen Verschiebungen begreiflicherweise auch sehr abwei
Fruchtblättern und resultieren die verschiedensten Baupläne, wel
im zweiten Bande des „Pflanzenlebens" bei Besprechung der einze
jener der Primulaceen und Onagrariaceen, erörtert werden.

Mögen die Eichen wie immer gedeutet werden, in ihrem A
Übereinstimmung. Man unterscheidet an ihnen den Eikern

seltener nur von einer Hülle (integumentum) umgeben ist, und weiterhin das Eipolster (placenta), durch welches die Verbindung des Eikörpers mit seiner Unterlage, beziehentlich seinem Ausgangspunkte hergestellt ist. Häufig hat dieses die Gestalt eines Stieles oder Fadens (funiculus), und es erscheint dann das Eichen im Innern des Fruchtknotens wie aufgehängt. Ist das Eichen gerade, und liegt es in der Verlängerung des Trägers, so wird es geradläufig (atrop) genannt; erscheint das gerade Eichen an einem fadenförmigen Träger aufgehängt, aber zurückgeschlagen und mit dem Träger mehr oder weniger verwachsen, so nennt man es umgewendet oder gegenläufig (anatrop); ist dasselbe gekrümmt, so gebraucht man die Bezeichnung krummläufig (kampylotrop). Die Hüllen umschließen den Eikern nicht vollständig, sondern lassen an einem Pole desselben eine Stelle unbedeckt, welche den Namen Keimmund (micropyle) führt.

Der Griffel entspricht, wie schon früher bemerkt wurde, mit Rücksicht auf seine Lage und seine Beziehungen zu den andern Teilen des Stempels einem Blattstiele. An dem einblätterigen Stempel erinnert er auch in seiner Form häufig an einen Blattstiel, so namentlich an Schmetterlingsblütlern und zahlreichen andern Hülsengewächsen. Wenn man sich den Fruchtknoten eines einblätterigen Stempels aus dem Scheidenteile und den Griffel aus dem Stiele eines Blattes hervorgegangen denkt, so wird es auch begreiflich, daß der Griffel dem Fruchtknoten einseitig aufgesetzt erscheint. Stellt man sich vor, daß der Scheidenteil eines Fruchtknotens blasenförmig aufgetrieben ist, wie beispielsweise an den Laubblättern der Doldenpflanzen, oder daß derselbe große Nebenblätter trägt, wie an dem Fingerkraute (Potentilla), so wird die seitliche Lage des aus dem Blattstiele hervorgegangenen Griffels noch um so deutlicher zur Anschauung kommen. An dem einblätterigen Stempel der Fingerkräuter sieht man in der That den Griffel nicht aus dem Scheitel des Fruchtknotens entspringen, sondern es macht den Eindruck, als wäre der Griffel seitlich an das Gehäuse des Fruchtknotens angewachsen. An Stempeln, welche aus mehreren wirtelig gestellten, nur am Scheidenteile verwachsenen Fruchtblättern aufgebaut sind, wie z. B. an jenen der Zeitlose (Colchicum) oder der unter dem Namen „Gretel in der Staude“ bekannten häufig kultivierten Nigella Damascena, sind die Griffel getrennt und immer einseitig dem betreffenden Fruchtknotenfache aufgesetzt; wenn aber mehrere wirtelig gestellte Fruchtblätter bis hinauf zur Narbe vollständig miteinander verwachsen sind, dann ist nur ein einziger Griffel zu sehen. Dieser Griffel, den man sich als Verbindung mehrerer rinniger Blattstiele vorstellen darf, ragt dann über der Mitte des mehrfächerigen Fruchtknotens empor. Gleichwie an den Laubblättern die Blattstiele manchmal fehlen, ebenso fehlt an dem Stempel mitunter der Griffel, und dem Fruchtknoten sitzt dann unmittelbar die Narbe auf.

Die Narbe entspricht dem Spreitenteile eines Blattes, ist aber nur bei wenigen Pflanzenfamilien, unter welchen die Schwertlilien die bekanntesten sind, flächenförmig ausgebreitet. Sie hat die Pollenzellen aufzunehmen und festzuhalten, und je nachdem diese als Blütenstaub durch den Wind herbeigetragen oder in zusammenhängenden Klümpchen durch Insekten in die Blüten gebracht werden, ist ihre Form entsprechend abgeändert. In dem einen Falle sind die Narben pinselförmig und federförmig, oft wie ein Spinngewebe ausgespannt oder wie ein Federbusch ausgespreizt; in dem andern Falle finden sich an denselben vorspringende Papillen, Höcker, Kanten und Leisten, an welchen die in die Blüte einfahrenden Insekten den Pollen abstreifen.

Wenn bei der Untersuchung der Hochblätter weniger die Lage und Aufeinanderfolge der einzelnen Glieder als vielmehr die Rolle, welche den verschiedenen Hochblattbildungen zukommt, berücksichtigt wird, gelangt man zu folgendem Resultate. Unentbehrlich sind von allen Gebilden im Bereiche der Hochblätter nur die Eichen und die Pollenzellen, beziehentlich jene Blütenteile, an welchen sich diese Gebilde entwickeln. Diese Blütenteile

sollen aber nicht nur während ihrer Entwickelung und zur Zei
stattfindet, gegen die möglichen nachteiligen äußern Einflüsse gesi
durch eigentümliche Gestalt sowie durch Ausbildung bestimmter S
bestimmter Pollenzellen mit ganz bestimmten Eichen erzielt, es s
einigung auch nach Maßgabe von Raum und Zeit geregelt werd
füllen zu können, sind die Hochblätter, welche Eichen oder Pollen a
entsprechend ausgerüstet und eingerichtet, oder aber es findet ein
so daß nur ein Teil der Hochblätter zur Ausbildung von Eichen, bezi



Blüten der Silberlinde (Tilia argentea) und einer Art des Dreizacks (Trigloch
Silberlinde in natürlicher Größe. — 2. Längsschnitt durch eine einzelne Blüte; vergrößert.
Stadium des Aufblühens. — 4. Dieselbe Blüte in einem spätern Entwickelungsstadium;
geschnitten. 3 und 4 vergrößert. Vgl. Text, S. 606.

zum Schutze und zur Vermittelung der Befruchtung da ist. An
die Fruchtblätter nicht nur die Träger der Eichen, sondern auch g
derselben, und überdies wird durch ihre eigentümliche Ausbildung
Eichen auch der Pollen zugeführt. An zahlreichen andern Gewächsen
teilung stattgefunden; die Eichen entspringen aus der Achse als
ein Wirtel oberer Fruchtblätter, und die tiefern Fruchtblätter
sie zu umhüllen, zu schützen und für sie den Pollen aufzunehme
an den Blüten der Primeln zu sehen ist. An der amerikanische
persischen Salzkräutern aus der Gattung Halimocnemis und
Gewächsen erzeugen die Pollenblätter zusammenhängende Polle
auch mit Anlockungsmitteln für jene Insekten versehen, welche
Blüte übertragen und an die entsprechenden Narben anstreifen; be
zen, welche zusammenhängende Pollenzellen haben, ist dagegen

eingetreten, es sind zwei, drei und noch mehr Wirtel von Pollenblättern entwickelt; die obern tragen Antheren und entwickeln Pollen, die tiefer stehenden sind ohne Pollen, übernehmen dagegen die Anlockung der Insekten und den Schutz der obern antherentragenden Pollenblätter. Die Blumenblätter sind, von diesem Standpunkte betrachtet, nur antherenlose Pollenblätter, welche Auffassung auch durch die Thatsache eine Stütze findet, daß sich in den sogenannten gefüllten Blüten die antherentragenden Pollenblätter regelmäßig in antherenlose Blumenblätter umwandeln. In den Blüten der Seerosen ist eine scharfe Grenze von Pollenblättern und Blumenblättern überhaupt nicht zu finden, und man kann dort deutlich ein allmähliches Übergehen der einen in die andern bemerken. Auch die Blüten gewisser Linden (Tilia Americana, alba, argentea) sowie die Blüten des Dreizacks (Triglochin), von welchen auf S. 605 eine Abbildung eingeschaltet ist, sind in dieser Beziehung sehr lehrreich. Bei der Silberlinde (Tilia argentea, s. S. 605, Fig. 1, 2) ist unterhalb des Stempels zunächst ein Wirtel von Pollenblättern mit Antheren ausgebildet, diesen folgt ein Wirtel von Blättern ohne Antheren, der aber Honig zur Anlockung der Insekten absondert, dann kommt wieder ein Wirtel von Blättern mit Antheren und unter diesen neuerdings zwei Wirtel von antherenlosen Blättern. Ähnlich verhält es sich bei Triglochin, dessen Blüten den Eindruck machen, als beständen sie aus zwei übereinander stehenden, ganz gleich eingerichteten Stockwerken (s. S. 605, Fig. 3, 4). Die Blüte beginnt unten mit einem Wirtel aus drei schalenförmigen Blättern ohne Antheren, über diesem folgt ein Wirtel aus drei Blättern mit Antheren, und es sind die großen Antheren während ihrer Entwickelung von den unter ihnen stehenden schalenförmigen Blättern wie von einem Mantel eingehüllt und geschützt. Nun folgt neuerdings ein Wirtel aus drei schalenförmigen, antherenlosen Blättern und über diesem nochmals ein Wirtel von drei Pollenblättern mit großen Antheren und zwar genau in derselben Gruppierung wie in dem untern Stockwerke. Wenn einmal der staubförmige Pollen aus den Antheren ausfällt, wird er nicht sofort durch die Luftströmungen entführt, sondern fällt zunächst in die schalenförmige Aushöhlung der unter den Antheren stehenden Blätter und bleibt hier so lange deponiert, bis der geeignete Zeitpunkt zu seiner Übertragung auf die Narbe einer andern Blüte gekommen ist. Diese schalenförmigen Blätter, obschon selbst ohne Antheren, sind also eine Zeitlang mit Pollen angefüllt und sehen aus wie Antheren, welche sich eben geöffnet haben. Sie sind für die rechtzeitige Verbreitung des Pollens und für das Zustandekommen der Befruchtung von größter Wichtigkeit und können mit Rücksicht auf die Rolle, welche sie zu spielen haben, als antherenlose Pollenblätter aufgefaßt werden.

Herkömmlicherweise bezeichnet man alle jene Blattgebilde der Blüte, welche unterhalb des Stempels von der Achse ausgehen und keine Antheren tragen, als Perigonblätter, als Kelch- und Kronenblätter oder endlich als Staminodien. Was die beschreibenden Botaniker unter Perigon, Kelch und Krone verstehen, wurde bereits S. 601 erwähnt. In betreff der Bezeichnung Staminodien wäre noch anzuführen, daß darunter alle jene Blätter begriffen werden, welche zwischen den Wirteln der Perigon- oder Kronenblätter einerseits und der Fruchtblätter anderseits eingeschaltet sind, sich also dort entwickelt finden, wo in den meisten Fällen die antherentragenden Pollenblätter stehen, welche diesen auch in der Form sehr ähnlich sehen, sich aber dadurch unterscheiden, daß sie keinen Pollen ausbilden, sondern bei der Übertragung des Pollens in andrer Weise sich nützlich machen, daß sie nämlich entweder Honig absondern und Insekten anlocken, oder ihren Nachbarn, den antherentragenden Pollenblättern, als Schutzmittel gegen verschiedene äußere Schädlichkeiten dienen. Eine ausführliche Besprechung der Rolle, welche allen diesen so verschieden gestalteten und in so mannigfaltiger Weise aneinander gereihten Hochblättern bei den Befruchtungsvorgängen zukommt, ist dem zweiten Bande des „Pflanzenlebens" vorbehalten.

---

3. Gestalt der Stammgebilde.

Inhalt: Definition und Einteilung der Stämme. Keimblattstamm. Niederblattstamm. — Übersicht der Formen des Mittelblattstammes. — Liegende und flutende Stämme. — Klimmende Stämme. — Aufrechte Mittelblattstämme. Zug-, Druck- und Biegungsfestigkeit der Mittelblattstämme. — Hochblattstämme.

Definition und Einteilung der Stämme. Keimblattstamm. Niederblattstamm.

Es gibt Samen, welche aus einem rundlichen oder ellipsoidischen Gewebekörper bestehen, an welchem eine deutliche Gliederung des Keimlinges in Stamm und Blatt nicht nachgewiesen werden kann, und welche nicht einmal einen Gegensatz von Keimling und umschließender Samenhaut erkennen lassen. Wenn solche Samen, für die jene der Orchideen als Beispiel genannt werden können, zum Keimen kommen, so fächern und vervielfältigen sich die Zellen derselben, der ganze Gewebekörper nimmt an Umfang zu, aber noch geraume Zeit ist von einer Scheidung in Stamm und Blatt keine Spur zu sehen. Aus der auf S. 160 abgebildeten und geschilderten Entwickelung des Samens von Cuscuta geht hervor, daß man an diesem Samen zwar den Keimling, die Samenhaut und überdies das Speichergewebe, welches den Keimling eine Zeitlang nährt und ihm die nötigen Baustoffe liefert, unterscheiden kann; aber der Keimling selbst zeigt keine Gliederung in Achse und Blätter, sondern erscheint dem freien Auge als ein fadenförmiges, schraubig zusammengerolltes Gebilde, welches die Hülle der Samenhaut beim Keimen durchbricht, sich dabei streckt und verlängert, dann gerade emporwächst, später sich dreht und windet und nach einem Anhaltspunkte sucht, welchem er Nahrung entziehen könnte. Dieser Faden ist ohne weiteres als Stamm aufzufassen, obschon er keine Blätter trägt, ja nicht einmal die ersten Andeutungen von Blättern erkennen läßt. Erst später, wenn dieser fadenförmige Stamm an den Berührungsstellen mit einer Wirtspflanze Saugwarzen gebildet hat und auf Kosten der ausgesaugten Nahrung noch mehr in die Länge gewachsen ist, entstehen unter der fortwachsenden Spitze kleine Schüppchen, welche als Blätter gedeutet werden müssen (s. Abbildung, S. 162, Fig. 1), und ebenso bilden sich Höcker über den Schüppchen aus, welche, weiterwachsend, zu Seitenstämmen werden.

Diese Thatsache, daß es Stämme gibt, welche im jugendlichen Zustande noch keine Blätter, ja nicht einmal Blattanlagen zeigen, wird hier aus dem Grunde besonders hervorgehoben, weil die Existenz des Stammes als besonderes Glied des Pflanzenstockes wiederholt geleugnet wurde. Das mag dem Laien allerdings seltsam klingen, und er wird fragen, als was dann der Stamm aufzufassen sei, wenn er nicht als selbständiges morphologisches Glied Geltung haben kann. So heikel dieses Thema und so schwierig die Behandlung desselben für alle diejenigen ist, welche in die Details der spekulativen Gestaltlehre nicht eingeweiht sind, so will ich es dennoch versuchen, die Gründe, welche zu der oben ausgesprochenen Auffassung geführt haben, in Kürze darzulegen.

An dem freien äußersten Ende eines wachsenden belaubten Sprosses vermag man w
geringe Unterschiede zwischen den Zellen des Umfanges und jenen im Innern zu erkennen,
eine deutliche Grenze zwischen peripheren und zentralen Organen ist nicht wahrzuneh
und es erscheint das Ende als ein ungegliederter, kegelförmiger oder halbkugeliger G
körper. Wer dem Wachstume und der weitern Ausgestaltung dieses Gewebekörper
zusieht, bemerkt, daß sich von der Peripherie des Kegels Wülste oder Höcker erh
zu Blättern werden, während der innere Teil über diese Blattanfänge als eine
derte Masse weiter hinauswächst. Alsbald erheben sich aber aus der letztern

Anlagen von Blättern, und es macht so den Eindruck, daß nach und nach alle Zellen des innern Teiles, nachdem sie vorgeschoben wurden, an die Reihe kommen und gruppenweise zu Ausgangspunkten von Blättern werden. Verfolgt man das Gewebe eines unter der Sproßspitze auf die eben geschilderte Art entstandenen Blattes nach abwärts, so sucht man ganz vergeblich nach einer Stelle, wo dasselbe aufhört, und wo das Gewebe des Stammes anfängt, und man glaubt sich auf Grund solcher Beobachtungsresultate berechtigt, anzunehmen, daß der ganze Stamm eigentlich nichts andres sei als ein Verband von übereinander stehenden Blättern, deren basilare Teile miteinander verwachsen bleiben, während die peripheren Teile sich nach Bedürfnis mehr oder weniger abheben und ausladen. Gegen diese Auffassung scheint allerdings der Umstand zu sprechen, daß am Umfange eines wachsenden Sprosses nicht nur Blätter, sondern auch Seitensprosse hervortreten, woraus man folgern kann, daß nicht das ganze Gewebe zur Bildung von Blättern verwendet wird, sondern daß ein Teil übrigbleibt, aus dem die Anlagen von Seitenstämmen hervorgehen, und daß dieser nicht zu Blättern werdende Teil es sei, welcher das Gewebe des Hauptstammes darstellt. Es hat sich auch ergeben, daß an dem wachsenden Sproßkegel die Anlagen von Blättern aus Zellen entspringen, die der Peripherie näher liegen als jene, aus welchen sich die Anlagen von Seitenstämmen ausbilden. Diese verschiedene Entwickelung wurde denn auch als Anhaltspunkt zur Unterscheidung von Blatt und Stamm benutzt und das periphere Gewebe als Grundlage der Blätter, das darunterliegende Gewebe als Grundlage der Stammgebilde erklärt. Die äußerste Zellenschicht des wachsenden Kegels, welche man Dermatogen nannte, bildet niemals den Ausgangspunkt für Seitenstämme, wohl aber mitunter den Ausgangspunkt von Blättern; von dem darunter befindlichen Gewebe, welches Periblem genannt wurde, werden die zwei bis drei äußern Zellenlagen am häufigsten zu Blättern. Aber aus der zweiten bis vierten Zellenlage des Periblems gehen auch häufig Seitenstämme hervor, und man sieht, daß es sich eigentlich doch wieder nur um eine ganz unbedeutende Verschiebung der Ursprungsstellen handelt, daß eine scharfe Grenze zwischen jenem Gewebe, welches die Grundlage der Blätter, und jenem, welches die Grundlage der Seitenstämme bildet, nicht vorhanden ist, und daß ein entwickelungsgeschichtlicher Unterschied von Blatt und Stamm in der That nicht besteht.

Der Stamm zeigt die Gefäßbündel rings um seine Achse, der äußerlich dem Stamme oft sehr ähnliche Blattstiel dagegen in einem Halbbogen oder in einer Ebene gruppiert. Aber auch das gilt nicht durchgehends. Nicht nur jene Blattstiele, welche schildförmige Spreiten tragen, sondern auch solche, welche in Spreiten mit fiederförmig oder handförmig angeordneten Strängen übergehen, wie z. B. jene von Solanum jasminoides, Anamirta Coculus, Menispermum Carolinianum und mehreren andern Menispermeen, zeigen ringförmig angeordnete Gefäßbündel und einen förmlichen Holzring, so daß sie in ihrem innern Aufbaue von Stämmen nicht unterschieden werden können. Auch alle andern Unterschiede von Blatt und Stamm, welche zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Forschern angegeben wurden, passen wohl auf einen Teil, oft sogar auf einen sehr großen Teil der Pflanzen, aber leider nicht auf alle. Als die relativ besten Unterscheidungsmerkmale werden angegeben, daß das Blatt ein begrenztes Wachstum zeigt, und daß aus demselben unvermittelt keine neuen Blätter hervorwachsen, während der Stamm ein unbegrenztes Wachstum besitzt und unter seiner fortwachsenden Spitze seitlich Blätter anlegt. Ich sage aber ausdrücklich die relativ besten Unterscheidungsmerkmale, denn es kommen Gebilde vor, welche sich auch in den Rahmen dieser Definition nicht einzwängen lassen. Die als Kurztriebe ausgebildeten Phyllokladien der Smilaceen, und zwar nicht nur die blütentragenden, sondern auch die blütenlosen, zeigen immer begrenztes Wachstum, und anderseits gibt es Pflanzen, aus deren Blättern wieder Blätter hervorwachsen. An den

Blattspreiten der in Gärten zur Überkleidung von Lauben und Spalieren häufig gezogenen amerikanischen Schlingpflanze Aristolochia Sipho entstehen zuweilen an der untern Seite und zwar vorzüglich an jenen Stellen, wo die feinern Stränge der Spreite zarte Anastomosen bilden, grüne vorspringende Leisten und Läppchen, welche wohl nur als Blattgebilde gedeutet werden können. Es liegt hier ein Fall vor, wo thatsächlich Blättchen von Blättern direkt entspringen, und es besteht nur der Unterschied, daß die Ursprungsstellen der Blättchen nicht in geometrischer Reihenfolge geordnet sind.

Wenn man die Resultate der hier nur flüchtig berührten entwickelungsgeschichtlichen und morphologischen Untersuchungen überblickt, so wird man zu dem Geständnisse gedrängt, daß es sehr schwierig ist, durchgreifende Unterschiede von Blatt und Stamm anzugeben, und daß auch die eingangs erwähnte Auffassung, wonach der Stamm kein selbständiges Glied des Pflanzenstockes bildet, nicht eigentlich widerlegt ist. Die einzige Thatsache, welche gegen diese Auffassung spricht, ist noch das Vorkommen von Stämmen ohne Blätter, beispielsweise jener, welche aus dem Samen der Cuscuta hervorwachsen. Aber auch hier könnte man einwenden, daß dieser Stamm bei seiner weitern Entwickelung unter der fortwachsenden Spitze kleine Blättchen ausbilde, und daß sein Gewebe nichts weiter sei als der Verband der basilaren Teile dieser Blättchen. Wie in so vielen ähnlichen Fällen, läuft das Ganze schließlich auf einen unfruchtbaren Wortstreit hinaus, bei welchem jeder im Rechte ist. Das Einfachste ist wohl, jede Achse des Pflanzenstockes, welche ausgewachsen stets als Träger geometrisch geordneter Blätter erscheint, als Stamm aufzufassen und von den Spekulationen, ob dieser Stamm nur als Verband der basilaren Teile der Blätter oder als ein selbständiges, den Blättern gegensätzliches Gebilde zu gelten habe, abzusehen.

Mag man übrigens was immer für eine theoretische Vorstellung über diese Beziehungen haben, bei Schilderung der Stammgebilde wird man nicht nur die Gestalt, sondern auch die Funktion der von dem betreffenden Stammteile getragenen Blätter als maßgebendsten Faktor zu berücksichtigen haben, zumal dann, wenn der eigentümliche Bau eines Stammteiles aus den ihm zukommenden besondern Aufgaben erklärt werden soll.

Es gibt keinen Pflanzenstock, an welchem der Stamm von der Basis bis hinauf zum Scheitel ganz gleichmäßig ausgebildet wäre; man kann vielmehr immer aufeinander folgende Stockwerke unterscheiden, deren jedes entsprechend der dort zu leistenden Arbeit eingerichtet ist. Wie in den Gebäuden der Menschen die unterirdischen Mauern, welche als Grundfeste des Ganzen, zugleich als schützende, sichere Umwallung und in der Regel auch noch als Einfassung kühler Gelasse zur Aufbewahrung von Speisen und Getränken dienen, eine ganz andre Bauart zeigen als die obersten Stockwerke, welche von den Menschen bewohnt werden, und wo sich Küche, Schlafräume, luftige, sonnige Stuben und Gänge befinden, ebenso zeigen sich an einem und demselben Pflanzenstocke verschiedene Baupläne realisiert, je nachdem der betreffende Stammteil Keimblätter, Niederblätter, Mittelblätter oder Hochblätter trägt, deren Funktion so ungemein reich an Abwechselung ist. Es erscheint darum als das Natürlichste, wenn wir auch die Stämme in Keimblattstämme, Niederblattstämme, Mittelblattstämme und Hochblattstämme einteilen.

Über den Keimblattstamm (fundamentum) ist nicht viel zu sagen. Das Wenige, was von Interesse ist, wurde bereits bei Besprechung der Keimblätter angegeben. Nachdem er die Keimblätter aus ihren Hüllen gezogen und sich gerade gestreckt hat, erfährt er kaum nennenswerte Veränderungen und ist nur noch insofern von Bedeutung, als sich auf seinem Scheitel die Knospe des ersten Sprosses ausbildet und die von der Keimlingswurzel aufgesaugte Nahrung durch seine Vermittelung in diese Knospe geleitet wird.

Der Niederblattstamm (subex) ist in seiner ersten Anlage meistens so kurz, daß seine Blätter dicht übereinander zu liegen kommen und die obern von den untern ganz oder

größtenteils überdeckt werden. In vielen Fällen bleibt er auch zeitlebens sehr kurz und ist dann als **Kurztrieb** zu bezeichnen; in andern Fällen dagegen streckt er sich, wächst in die Länge, so daß auch seine Blätter auseinander gerückt erscheinen, und wird dann **Langtrieb** genannt. Es kommt auch vor, daß ein Niederblattstamm absatzweise bald Langtrieb, bald Kurztrieb ist; in diesem Falle könnte er dann einem Stricke verglichen werden, in welchem man in gewissen Abständen Knoten angebracht hat. Wenn sich der Niederblattstamm in einen mit grünem Laube besetzten Mittelblattstamm fortsetzt, so ist ersterer gewöhnlich als Kurztrieb ausgebildet. Er hat dann eine scheibenförmige oder kuchenförmige Gestalt oder auch die Form eines kurzen Cylinders oder Kegels. Ist er mit großen Niederblättern besetzt und bedeutend dicker als der belaubte Mittelblattstamm, in welchen er ziemlich unvermittelt übergeht, so wird er **Zwiebelkuchen** (bulbodium) geheißen. Der Zwiebelkuchen mitsamt seinen großen, schuppenförmigen Niederblättern wird Zwiebel (bulbus) genannt. Er ist fast immer unterirdisch und seine Achse dann vertikal gestellt, wie beispielsweise bei den Lilien, Tulpen, Hyazinthen und Milchsternen.

Ein kurz bleibender Niederblattstamm, welcher mit häutigen Schuppen bekleidet ist, und der den aus ihm später hervorgehenden Mittelblatt- oder Hochblattstamm an Dicke nicht übertrifft, wird **Knospenstamm** (surculus) genannt. Der mit schuppigen Niederblättern besetzte Knospenstamm erscheint so lange, als der Mittelblatt- oder Hochblattstamm noch nicht aus ihm hervorgewachsen ist, als Knospe (gemma). Später bildet er gewissermaßen das Piedestal des Mittelblatt- oder Hochblattstammes und ist wenig auffällig, zumal dann, wenn sich die schuppenförmigen Niederblätter von ihm ablösen und abfallen, was fast immer der Fall ist. An der Basis des ersten über dem Keimblattstamme sich aufbauenden Sprosses ist er nur selten (z. B. am Moschuskraute, Adoxa Moschatellina) entwickelt, dagegen fehlt er kaum jemals an der Basis der Seitensprosse von Holzpflanzen und zwar sowohl der belaubten als auch jener, welche durch Blüten abgeschlossen werden. An den unterirdischen Knospen der Staudenpflanzen ist der Stamm mitunter sehr dick, und solche Knospen haben fast das Ansehen von Zwiebeln. Die oberirdischen Knospen, namentlich jene der Sträucher und Bäume, besitzen dagegen durchweg einen kurzen, walzen- oder kegelförmigen Stamm.

Gewissermaßen als ein Bindeglied zwischen dem als Kurztrieb und dem als Langtrieb ausgebildeten Niederblattstamme erscheint der **Knollen** (tuber). Derselbe ist immer dicker als die aus ihm sich abzweigenden Sprosse; seine Niederblätter sind so weit auseinander gerückt, daß ein deutlicher Abstand derselben sichtbar wird, und niemals kommt es vor, daß sich dieselben gegenseitig decken und einhüllen. Auch sind die Niederblätter des Knollens unscheinbar, treten nur als schmale, quer laufende Leisten hervor oder sind lediglich durch Kanten und Wülste angedeutet. An alten Knollen sind äußerlich die Niederblätter oft kaum zu erkennen. Die meisten Knollen sind übrigens sehr vergängliche Gebilde. Alle jene, welche als lokale Verdickungen eines unterirdischen Sprosses erscheinen, und für welche als Vorbild die Kartoffel (Solanum tuberosum) gelten kann, wachsen sehr rasch heran, halten dann eine etwa halbjährige Ruheperiode ein, gehen aber, nachdem sich aus ihren Sproßanlagen, den sogenannten Augen, Triebe entwickelt haben, die ihr grünes Laub oberirdisch im Sonnenlichte entfalten, vollständig zu Grunde. Weit seltener sind ausdauernde Knollen, welche häufig nur zur untern Hälfte in Erde eingebettet oder nur mit einer dünnen Schicht von Erde bedeckt sind. Aus diesen brechen alljährlich einige wenige Sprosse hervor, welche den Knollen aber nicht vollständig erschöpfen, sondern im Gegenteile ihm Stoffe zuführen, die durch das grüne Laub im Sonnenlichte erzeugt wurden, wodurch sogar eine Vergrößerung des Knollengewebes veranlaßt wird. Solche ausdauernde Knollen machen manchmal den Eindruck von knollenförmigen Laubblattstengeln, und man muß die ganze Entwickelungsgeschichte kennen, um nachweisen und bestimmen zu können, daß sie doch als Niederblattstämme

zu gelten haben. Meistens sind die Knollen unterirdisch. Seltener bilden sie sich auch oberirdisch in den Achseln von Laubblättern aus, wie z. B. am Scharbockkraute (Ficaria ranunculoides), wo jene merkwürdigen kleinen Knollen entstehen, die nach dem Verwelken des Krautes sich ablösen, auf den Boden zu liegen kommen und manchmal, wenn sie in großer Menge sich entwickelt hatten, zu der Fabel vom Kartoffelregen Veranlassung gaben.

Von den als Langtriebe ausgebildeten Niederblattstämmen ist ein Teil grün, während ein andrer Teil des Chlorophylls entbehrt. Von den chlorophyllosen sind folgende Typen zu unterscheiden: zunächst die oberirdischen fadenförmigen, windenden und schmarotzenden Stämme der Gattung Cuscuta (s. Tafel bei S. 159); zweitens die unterirdischen dünnen, mit scheidenförmigen, häutigen, nur an der Spitze hornartigen und stechenden Schuppen bekleideten Triebe der Quecke (Triticum repens) und zahlreicher mit dieser verwandter, grasartiger Gewächse; drittens die aufrechten dicken, strunkartigen, mit abdorrenden Schuppen besetzten Stämme der Balanophoreen und Orobancheen (s. Abbildungen, S. 180, 183); viertens die eingebettet in der Erde liegenden verästelten, mit großen, fleischigen Schuppen besetzten Niederblattstämme der Schuppenwurz (s. Abbildung, S. 168); fünftens die der Wurzeln entbehrenden und nur mit schwachen Niederblättern besetzten, korallenstockartigen, nach allen Richtungen verzweigten Niederblattstämme, wie sie das Ohnblatt (s. Tafel bei S. 103) und die Korallenwurz (Corallorhiza innata) zeigen; sechstens die unterirdisch in der Erde fortkriechenden, mit dicken, fleischigen Niederblättern und deutlichen Wurzeln besetzten Stämme der Zahnwurz (Dentaria); endlich siebentens die cylindrischen, reichbewurzelten, mit schwachen, häutigen Niederblättern besetzten unterirdischen Stämme, wie sie an dem Salomonssiegel (Convallaria Polygonatum), der süßen Wolfsmilch (Euphorbia dulcis) und noch zahlreichen andern ausdauernden Staudenpflanzen vorkommen. Die unterirdischen, als Langtriebe ausgebildeten Niederblattstämme werden in der botanischen Kunstsprache unter dem Namen Wurzelstock oder Rhizom (rhizoma) zusammengefaßt; für die seitlich abzweigenden, dünnen, oft ziemlich weite Strecken unter der Erde verlaufenden Niederblattstämme hat man auch die Bezeichnung Stocksproß oder Wurzelläufer (soboles) in Anwendung gebracht.

An den zur ersten, dritten, vierten und fünften der oben aufgezählten Gruppen gehörenden Formen setzt sich der Niederblattstamm unmittelbar in einen Hochblattstamm fort, d. h. an demselben Stamme sind zu unterst schuppenförmige Niederblätter zu sehen, welche mit den Befruchtungsvorgängen in keinem direkten Zusammenhange stehen, während die weiter nach aufwärts folgenden Blätter Blütenblätter sind, wie bei den Rafflesiaceen (s. Abbildungen, S. 187, 188), oder Deckblätter von Blüten, wie bei der Sommerwurz und Schuppenwurz (s. Abbildung, S. 168), und die in beiden Fällen als Hochblätter aufgefaßt werden müssen. An allen diesen Gewächsen sind grüne Mittelblätter gar nicht zur Entwickelung gekommen. Sie sind auch überflüssig, weil diese Gewächse sämtlich Schmarotzer oder Verwesungspflanzen sind, selbst keine organischen Verbindungen zu erzeugen brauchen und die zum weitern Wachstume benötigten Stoffe ihrem Wirte oder dem Humus des Waldbodens entnehmen. Bei den Pflanzen der andern Gruppen, für welche als Vorbilder die Zahnwurz, die Quecke und das Salomonssiegel hingestellt wurden, sind zweierlei Sprosse ausgebildet, Sprosse, deren Stamm nur mit chlorophyllosen, schuppenförmigen Niederblättern besetzt ist, und solche, welche sich von diesen Niederblattstämmen abzweigen, über die Erde emporwachsen und dort grüne Mittelblätter entfalten. Es ist hier auch noch jener seltsamen Pflanzen zu gedenken, welche von unterirdischen ausdauernden Stämmen zweierlei über die Erde emporwachsende Sprosse entwickeln, zunächst Sprosse, deren Stamm unten mit schuppenförmigen Niederblättern besetzt ist, aber obenauf Blüten trägt, und dann später, wenn diese Erstlingssprosse zu welken beginnen, belaubte, blütenlose Sprosse, deren

grüne Blattspreiten sich im Sonnenlichte entfalten. Diese merkwürdige Teilung der Arbeit beobachtet man an mehreren Alpenpflanzen, an den Arten der Gattung Pestwurz (Petasites) und an dem weitverbreiteten, allbekannten Huflattich (Tussilago Farfara).

Die als Langtriebe ausgebildeten grünen Niederblattstämme sind selbstverständlich alle oberirdisch, oder, besser gesagt, sie wachsen über die Erde empor, und die Rinde ihrer Stämme ergrünt so weit, als das Licht auf dieselben Einfluß nehmen kann. Was von dem Sprosse im Dunkel der Erde geborgen bleibt, ergrünt nicht, und manche dieser Sprosse, wie z. B. jene des Spargels (Asparagus), sind zur untern Hälfte bleich und chlorophyllos, und nur die obern Teile, namentlich die dort aus den Achseln der kleinen, schuppenförmigen Niederblätter hervorgehenden nadelförmigen grünen Stämmchen (Phyllokladien), sind dunkelgrün gefärbt. In die Reihe der grünen Niederblattstämme sind zu stellen die Ropale, die Rutengewächse und die Flachsproßgewächse, welche auf S. 307 eine erschöpfende Schilderung gefunden haben. Auch die Schachtelhalme (Equisetaceen) gehören hierher, und an einer Abteilung derselben (Equisetum arvense, Telmateja) wiederholt sich die Teilung der Arbeit in ähnlicher Weise wie bei dem Huflattich; die ersten über die Erde emporkommenden, oben durch eine Ähre aus Sporengehäusen abgeschlossenen Sprosse sind bleich und chlorophyllos, und erst später, nachdem die Sporen durch die Lüfte entführt und nachdem die bleichen Erstlingssprosse verwelkt sind, kommen Sommersprosse hervor, deren Stämme in der Rinde grünes Gewebe entwickeln.

Die Niederblattstämme, deren Aufgabe es ist, mit dem grünen Gewebe ihrer Rinde im Sonnenlichte organische Stoffe aus den aufgenommenen Nährgasen zu erzeugen, stimmen in ihrem innern Baue mit den grün belaubten Mittelblattstämmen im wesentlichen überein. Es hat ja an diesen Gewächsen nur eine Verschiebung der Funktionen in der Weise stattgefunden, daß das von der Peripherie des Stammes ausladende Gewebe, welches wir Blatt nennen, keine Spreite entwickelt hat, klein und schuppenförmig geblieben ist und des Chlorophylls entbehrt, und daß die Arbeit, welche sonst vorzüglich dem von der Stammperipherie als Blatt sich abgliedernden Teile zukommt, von dem nicht abgehobenen Teile der Rinde geleistet wird.

Die grünen Niederblattstämme sind den Luftströmungen und dem Sonnenlichte gerade so ausgesetzt wie die belaubten Stämme, sie müssen sich, wie diese, entsprechend den an ihrem Standorte maßgebenden Verhältnissen richten und einstellen, den anprallenden Winden denselben Widerstand entgegensetzen, ebenso elastisch und biegungsfest sein und zeigen daher auch eine ganz ähnliche Gruppierung jener Zellen und Gewebe, welche das Festhalten der einmal eingenommenen günstigsten Lage möglich machen. Die in der Erde eingebetteten chlorophyllosen Niederblattstämme bedürfen solcher Vorrichtungen nicht. Kein Luftstrom dringt auf sie ein, und ihr Gewebe ist auf Biegungsfestigkeit nicht in Anspruch genommen. Auch die Stämme der Balanophoreen bedürfen nur einer geringen Elastizität; der über die Erde sich erhebende Teil derselben ist strunkartig, verhältnismäßig sehr dick und erinnert fast an die Strünke der Hutpilze. Alle diese unterirdischen oder sich nur wenig über die Erde erhebenden Niederblattstämme besitzen nur eine geringe Biegungsfestigkeit, sie sind spröde und brüchig, und wenn man die im Humus des Waldgrundes eingelagerten Stämme der Zahnwurzarten ausgräbt, muß man die größte Vorsicht in Anwendung bringen, um zu vermeiden, daß sie in Stücke zerbrechen. Von den unterirdischen Knollen und Zwiebeln gilt das Gleiche; auch sie bedürfen keinerlei Vorrichtungen, durch welche eine bestimmte Einstellung zum Lichte oder eine große Widerstandsfähigkeit gegen den Wind erreicht würde. Der Schutzmittel gegen eine zu weit gehende Verdunstung können sie gleichfalls entraten, und es erklärt sich so die geringe Verdickung der Oberhautzellen ebenso wie der Mangel haarförmiger Bildungen und firnisartiger Überzüge. Wenn aus

den vertrockneten und abgestorbenen Niederblättern derbe und feste Hüllen der Zwiebel hervorgehen, so haben diese vorwiegend die Bedeutung von Schutzmitteln gegen jene unterirdisch lebenden Tiere, welche auf das Mehl und andre in den Stämmen und Niederblättern aufgespeicherte Stoffe fahnden.

Den Raum, dessen die unterirdischen Niederblattstämme bedürfen, verschaffen sie sich durch den Druck, welchen ihre turgeszierenden Zellen bei dem Wachstume der betreffenden Gewebeteile auf die umgebende Erde ausüben. Die wachsende Zwiebel und der wachsende Knollen weiten sich auf diese Weise eine Liegerstatt aus, oft von bedeutendem Umfange, und der Druck, der bei dieser Gelegenheit ausgeübt wird, ist so bedeutend, daß die lockere Erde in der Umgebung der Zwiebeln und Knollen zusammengepreßt und mitunter in feste Krusten umgewandelt wird. Daß von den Quecken durch Vermittelung der starren Niederblattspitzen nicht nur feste Lehmerde, sondern auch Holzstücke rc. durchbohrt werden können, wurde schon bei früherer Gelegenheit erwähnt. Ebenso wurde schon wiederholt darauf hingewiesen, daß eine der wichtigsten Aufgaben, welche den unterirdischen Niederblattstämmen und unter diesen wieder ganz vorzüglich den Knollen und Zwiebeln zukommt, die Aufspeicherung von Reservestoffen ist. Die Reservestoffe werden in der günstigen Jahreszeit von dem oberirdisch im Sonnenlichte thätigen grünen Gewebe erzeugt und dann in die unterirdischen Speicher geleitet. Hier bleiben sie während der ungünstigen Jahreszeit ruhig deponiert und gelangen erst wieder in Fluß, wenn es sich darum handelt, daß der Pflanzenstock bei beginnender Vegetationszeit Sprosse aus dem unterirdischen Gelasse emporschiebt, die dann oben im Sonnenlichte neuerdings organische Stoffe erzeugen. Zum Aufbaue dieser Sprosse, welche über der Erde gesonnt werden sollen, wird immer wieder das Material verbraucht, das im abgelaufenen Jahre in die Vorratskammern hinabgeleitet worden war.

Daß dieser merkwürdige Wechsel von Ruhe und lebhafter Thätigkeit und das zeitweilige Verschwinden aller oberirdischen Teile des Pflanzenstockes mit eigentümlichen Verhältnissen des Standortes im Zusammenhange steht, ist eine Mutmaßung, die sich unwillkürlich aufdrängt, und die auch durch die thatsächliche Verbreitung der Knollen- und Zwiebelgewächse ihre Bestätigung findet. Die größte Zahl dieser Gewächse findet sich in jenen Gebieten, wo infolge monatelanger Dürre alle saftreichen, in der Luft ausgebreiteten Gewebe der Gefahr des Verdorrens ausgesetzt sind, und wo auch die oberflächlichen Bodenschichten, in welchen die Knollen und Zwiebeln eingebettet sind, so stark austrocknen, daß sie für das aus den oberirdischen Blättern verdunstende Wasser keinen Ersatz zu bieten vermöchten. Wenn aber diese Bodenschichten auch alles Wasser verloren haben, so sind sie doch für die Knollen und Zwiebeln ein vortreffliches Schutzmittel; die Erde bildet eine förmliche Kruste um die eingelagerten saftreichen Gebilde, und in manchen Gegenden erhärtet das lehmige, durch Eisenoxydhydrat rot gefärbte Erdreich zu einer Masse, welche einem Ziegelsteine täuschend ähnlich sieht. In dieser Masse eingebettet überdauern die Knollen und Zwiebeln unbeschadet Trockenperioden, welche sich über sieben bis acht Monate erstrecken. Und wenn dann die Regenzeit kommt und die harte Erdkrume netzt, so regt sich in ihr allerwärts ein wundersames Leben; unzählige Knollen- und Zwiebelpflanzen sprießen aus dem aufgeweichten Lehme empor und entfalten in der kurzen feuchten Periode ihre Blüten und ihre grünen Laubblätter. So verhält es sich auf den Lehmsteppen des zentralen Asien, auf den Berggeländen Kleinasiens, Griechenlands und überhaupt aller das Mittelmeer umrandenden Landschaften, insbesondere auch in dem durch seinen fast unerschöpflichen Reichtum an Zwiebel- und Knollenpflanzen berühmten Kaplande. Im mittlern Europa, wo die Thätigkeit der Pflanzenwelt nicht durch Trockenheit, sondern durch Frost unterbrochen wird, ist die Zahl der Zwiebel- und Knollenpflanzen auffallend geringer als in den früher bezeichneten Gebieten. Auch der Boden, in welchem die wenigen Arten vorkommen,

zeigt ganz andre Verhältnisse. Das Erdreich ist da niemals einer hochgradigen Dürre ausgesetzt, ja, auffallenderweise trifft man die Mehrzahl der Knollen- und Zwiebelgewächse im Grunde der mitteleuropäischen Laubwälder in lockerer, humusreicher, stets etwas feuchter Erde. An solchen Orten gedeihen bekanntlich die Schneeglöckchen und Gelbsterne, die zweiblätterige Meerzwiebel, der Türkenbund, der Aaronsstab, der Bärenlauch und die verschiedenen Arten der Hohlwurz (Galanthus nivalis, Gagea lutea und G. minima, Scilla bifolia, Lilium Martagon, Arum maculatum, Allium ursinum, Corydalis fabacea, C. solida, C. cava) in ganzen Beständen und im üppigsten und kräftigsten Wachstume, und, was besonders bemerkenswert ist, ihre Blüten zählen zu den ersten des Jahres, ihr grünes Laub entfaltet sich zeitig im Frühlinge und ist schon im Hochsommer vergilbt und verwelkt, obschon es zu dieser Zeit, wie gesagt, an der nötigen Feuchtigkeit nicht fehlen würde.

Auch dieses eigentümliche Vorkommen fordert eine Begründung, und man wird nicht fehlgehen, wenn man die Vorliebe unsrer im ersten Frühlinge blühenden Zwiebel- und Knollenpflanzen für den Grund der Laubwälder in folgender Weise erklärt. Das Erdreich, von den im Herbste abgefallenen dürren Blättern der Laubhölzer bedeckt und von den Baumkronen überwölbt, strahlt verhältnismäßig wenig Wärme aus, auch der Frost dringt dort im Winter nur in geringe Tiefe ein, so daß die Knollen und Zwiebeln der Gefahr des Erfrierens weit weniger ausgesetzt sind als im offenen Lande. Was aber das Blühen im ersten Frühlinge und das frühzeitige Vergilben der grünen Blätter anlangt, so hat das seinen Grund darin, daß das für die Thätigkeit der grünen Blätter nötige Licht nur auf so lange in den Waldgrund eindringen kann, als die Kronen der Waldbäume noch nicht belaubt sind. Später, wenn sich die Zweige in den höchsten Wipfeln mit grünem Laube geschmückt haben, bildet sich oben ein schattendes Dach aus, und nur hier und da stiehlt sich durch die Lücken dieses Laubdaches ein Sonnenstrahl, welcher das feuchtkühle Erdreich des Waldgrundes trifft. Dieses spärliche Licht genügt aber nicht mehr den grünen, über die Erde vorgeschobenen Blättern der Zwiebelpflanzen zu der ihnen obliegenden Arbeit, und sie müssen daher ihre Thätigkeit schon abschließen, ehe sich das dichte Laubdach der Baumkronen ausgebildet hat. Für die Schmarotzer und Verwesungspflanzen reicht dieses spärliche Licht vollständig aus, und es ist bemerkenswert, daß nun im Sommer an Stelle der grünen Blätter von Knollen- und Zwiebelpflanzen, welche schon im Juni vergilbten und eingezogen haben, das chlorophylllose Ohnblatt, der Fichtenspargel und eine Unzahl von bleichen Schwämmen aus dem tiefen Humus in das Düster des Waldgrundes emportauchen.

Übersicht der Formen des Mittelblattstammes.

Der **Mittelblattstamm** (stirps[1]) wird dadurch charakterisiert, daß die von ihm ausladenden Blätter mit grünen Spreiten versehen, somit als Laub ausgebildet sind. Man könnte diesen Stammteil auch Laubblattstamm nennen, und es würde dadurch sein wesentlichstes Merkmal schon in der Bezeichnung zum Ausdrucke gebracht sein; aber da auch die

[1] In betreff der Terminologie besteht unter den Botanikern nur teilweise die wünschenswerte Übereinstimmung. Die ältern Botaniker gebrauchten den Ausdruck stirps als gleichbedeutend mit Pflanze (planta); später nahm man den Namen stirps für Stamm im weitern Sinne in Anspruch. Von Linné wurde die ganze Hauptachse der Blütenpflanzen caudex genannt und von derselben der abwärts wachsende Teil, die Wurzel (radix), und der aufwärts wachsende Teil, der Stamm (stirps), unterschieden. In neuerer Zeit wurde der Name caudex im Gegensatze zu der Linnéschen Terminologie für den Palmenstrunk in Anwendung gebracht. — Ich bezeichne den Stamm des Pflanzenstockes mit dem Namen cormus und unterscheide von demselben 1) den Keimblattstamm (fundamentum), 2) den Niederblattstamm (subex), 3) den Mittelblattstamm (stirps), 4) den Hochblattstamm (thalamus).

Keimblätter häufig zu Laubblättern auswachsen, so empfiehlt es sich, zur Vermeidung von Verwechselungen dem Namen Mittelblattstamm den Vorzug zu geben. Kein Teil des Pflanzenstockes fällt so sehr in die Augen wie der Mittelblattstamm. Die in der Erde geborgenen Rhizome, Knollen, Zwiebeln und andern Formen des Niederblattstammes entziehen sich ebenso wie die Wurzeln dem Blicke; die Blüten, welche der Hochblattstamm trägt, sind rasch vergängliche Gebilde, nur die belaubten Mittelblattstämme treten während der ganzen Vegetationszeit als die umfangreichsten Teile der Pflanzenstöcke hervor, und wenn wir in Schrift und Bild die Pflanzenwelt was immer für eines Gebietes in ihren charakteristischen Zügen darzustellen suchen, halten wir uns fast ausschließlich an die belaubten Teile der Gräser, Stauden, Sträucher und Bäume, welche, in der mannigfachsten Weise gruppiert, den Wiesenteppich, das Buschwerk und Gestrüppe, den Niederwald und Hochwald zusammensetzen. Der Baustil des Mittelblattstammes ist darum sozusagen auch der Baustil des ganzen Pflanzenstockes.

Dieser eigentümliche Baustil und die davon abhängige Physiognomie der ganzen Pflanze ist zunächst von der Größe, von der **Länge und Dicke der Mittelblattstämme** abhängig, und es ist selbstverständlich, daß in dieser Beziehung ganz analoge Verhältnisse Platz greifen wie bei den früher besprochenen Niederblattstämmen. Nur sind hier die Gegensätze in den Größenverhältnissen bei weitem auffallender. Gegensätze wie jene zwischen fädigen beblätterten Stämmen, die kaum 1 cm lang werden, einerseits und den Baumriesen Nordamerikas und Neuhollands anderseits haben nicht ihresgleichen in der ganzen Pflanzenwelt. An jenen Gewächsen, welche im Laufe eines einzigen Jahres keimen, wachsen, blühen und fruchten und nach dem Ausstreuen der Samen absterben, an jenen kurzlebigen Pflanzen, welche man einjährig genannt hat, erreicht der mit Laub besetzte Mittelblattstamm nur selten einen bedeutenden Durchmesser. An manchen kleinen Schotengewächsen, wie z. B. an dem wenigblütigen Hirtentäschel (Capsella pauciflora) sowie an dem winzigen Kleinlinge (Centunculus minimus), beträgt der Durchmesser des Stammes manchmal kaum 1/2 mm. Die größten Abmessungen dagegen findet man unter den einjährigen Pflanzen an Ricinus communis, von welchem manche Stämme einen Querdurchmesser von 7 cm, und an den im Himalaja heimischen Balsaminen (Impatiens tricornis und glanduligera), die mitunter einen Querdurchmesser des Mittelblattstammes von 4 cm erreichen. Bei diesen einjährigen Gewächsen geht mit den Blättern auch der sie tragende Stamm alljährlich zu Grunde. Anders bei den Pflanzen, deren Stock sich durch mehr als eine Vegetationsperiode lebend erhält, und welche mehrjährig genannt werden. Wenn diese ihr Laub abgeworfen haben, so sterben sie nicht notwendig ab, sondern gestalten sich häufig zu Trägern jener belaubten Sprosse, welche aus ihren Knospen hervorkommen, und erlangen dann auch einen Umfang, welcher mit der nun zu tragenden Last im richtigen Verhältnisse steht. Auch die Struktur solcher Mittelblattstämme wird dann eine andre. Die Stämme der einjährigen Gewächse sowie auch jene der neuen Sprosse mehrjähriger Pflanzen haben eine grüne saftreiche Rinde mit einer eigentümlich ausgebildeten Oberhaut. Wir nennen einen solchen Stamm krautartig (stirps herbacea) oder gebrauchen für denselben wohl auch den Namen Stengel (caulis). An den zum Piedestale gewordenen entblätterten Stämmen mehrjähriger Pflanzen dagegen erscheint an Stelle der saftreichen grünen Rinde eine vertrocknete Kruste, eine Borke, und im Innern bilden sich fort und fort Massen von Holz aus, welche sich auf die schon im ersten Jahre gebildeten Bündel aus Holzzellen und Holzgefäßen anlagern und so den Umfang des Stammes vergrößern. Man nennt einen solchen Stamm dann holzig (stirps lignea). Holzige Stämme, welche Jahrhunderte hindurch sich fort und fort in dieser Weise verdicken, erreichen mitunter den Umfang von 50 m; ja, der Umfang einer mexikanischen Konifere (Taxodium mucronatum) ist sogar mit 51,88 m

zeigt ganz andre Verhältnisse. Das Erdreich ist da niemals einer hochgradigen Dürre ausgesetzt, ja, auffallenderweise trifft man die Mehrzahl der Knollen- und Zwiebelgewächse im Grunde der mitteleuropäischen Laubwälder in lockerer, humusreicher, stets etwas feuchter Erde. An solchen Orten gedeihen bekanntlich die Schneeglöckchen und Gelbsterne, die zweiblätterige Meerzwiebel, der Türkenbund, der Aaronsstab, der Bärenlauch und die verschiedenen Arten der Hohlwurz (**Galanthus nivalis, Gagea lutea** und **G. minima, Scilla bifolia, Lilium Martagon, Arum maculatum, Allium ursinum, Corydalis fabacea, C. solida, C. cava**) in ganzen Beständen und im üppigsten und kräftigsten Wachstume, und, was besonders bemerkenswert ist, ihre Blüten zählen zu den ersten des Jahres, ihr grünes Laub entfaltet sich zeitig im Frühlinge und ist schon im Hochsommer vergilbt und verwelkt, obschon es zu dieser Zeit, wie gesagt, an der nötigen Feuchtigkeit nicht fehlen würde.

Auch dieses eigentümliche Vorkommen fordert eine Begründung, und man wird nicht fehlgehen, wenn man die Vorliebe unsrer im ersten Frühlinge blühenden Zwiebel- und Knollenpflanzen für den Grund der Laubwälder in folgender Weise erklärt. Das Erdreich, von den im Herbste abgefallenen dürren Blättern der Laubhölzer bedeckt und von den Baumkronen überwölbt, strahlt verhältnismäßig wenig Wärme aus, auch der Frost dringt dort im Winter nur in geringe Tiefe ein, so daß die Knollen und Zwiebeln der Gefahr des Erfrierens weit weniger ausgesetzt sind als im offenen Lande. Was aber das Blühen im ersten Frühlinge und das frühzeitige Vergilben der grünen Blätter anlangt, so hat dies seinen Grund darin, daß das für die Thätigkeit der grünen Blätter nötige Licht nur auf so lange in den Waldgrund eindringen kann, als die Kronen der Waldbäume noch nicht belaubt sind. Später, wenn sich die Zweige in den höchsten Wipfeln mit grünem Laube geschmückt haben, bildet sich oben ein schattendes Dach aus, und nur hier und da stiehlt sich durch die Lücken dieses Laubdaches ein Sonnenstrahl, welcher das feuchtkühle Erdreich des Waldgrundes trifft. Dieses spärliche Licht genügt aber nicht mehr den grünen, über die Erde vorgeschobenen Blättern der Zwiebelpflanzen zu der ihnen obliegenden Arbeit, und sie müssen daher ihre Thätigkeit schon abschließen, ehe sich das dichte Laubdach der Baumkronen ausgebildet hat. Für die Schmarotzer und Verwesungspflanzen reicht dieses spärliche Licht vollständig aus, und es ist bemerkenswert, daß nun im Sommer an Stelle der grünen Blätter von Knollen- und Zwiebelpflanzen, welche schon im Juni vergilbten und eingezogen haben, das chlorophyllose Ohnblatt, der Fichtenspargel und eine Unzahl von bleichen Schwämmen aus dem tiefen Humus in das Düster des Waldgrundes emportauchen.

Übersicht der Formen des Mittelblattstammes.

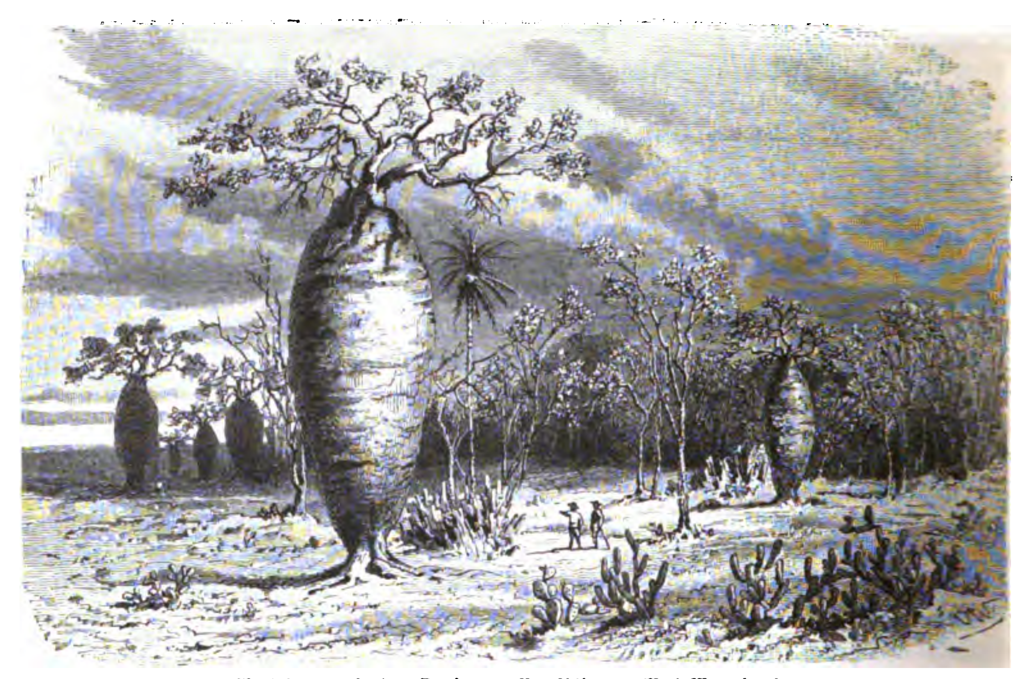
Der Mittelblattstamm (**stirps**[1]) wird dadurch charakterisiert, daß die von ihm ausladenden Blätter mit grünen Spreiten versehen, somit als Laub ausgebildet sind. Man könnte diesen Stammteil auch Laubblattstamm nennen, und es würde dadurch sein wesentlichstes Merkmal schon in der Bezeichnung zum Ausdrucke gebracht sein; aber da auch die

[1] In betreff der Terminologie besteht unter den Botanikern nur teilweise die wünschenswerte Übereinstimmung. Die ältern Botaniker gebrauchten den Ausdruck **stirps** als gleichbedeutend mit Pflanze (**planta**); später nahm man den Namen **stirps** für Stamm im weitern Sinne in Anspruch. Von Linné wurde die ganze Hauptachse der Blütenpflanzen **caudex** genannt und von derselben der abwärts wachsende Teil, die Wurzel (**radix**), und der aufwärts wachsende Teil, der Stamm (**stirps**), unterschieden. In neuerer Zeit wurde der Name **caudex** im Gegensatze zu der Linnéschen Terminologie für den Palmenstrunk in Anwendung gebracht. — Ich bezeichne den Stamm des Pflanzenstockes mit dem Namen **cormus** und unterscheide von demselben 1) den Keimblattstamm (**fundamentum**), 2) den Niederblattstamm (**subex**), 3) den Mittelblattstamm (**stirps**), 4) den Hochblattstamm (**thalamus**).

Keimblätter häufig zu Laubblättern auswachsen, so empfiehlt es sich,
Verwechselungen dem Namen Mittelblattstamm den Vorzug zu ge
Pflanzenstockes fällt so sehr in die Augen wie der Mittelblattstamm.
borgenen Rhizome, Knollen, Zwiebeln und andern Formen des Ni
ziehen sich ebenso wie die Wurzeln dem Blicke; die Blüten, welche der
sind rasch vergängliche Gebilde, nur die belaubten Mittelblattstämm
ganzen Vegetationszeit als die umfangreichsten Teile der Pflanzenstöc
wir in Schrift und Bild die Pflanzenwelt was immer für eines Geb
teristischen Zügen darzustellen suchen, halten wir uns fast ausschließ
Teile der Gräser, Stauden, Sträucher und Bäume, welche, in der
gruppiert, den Wiesenteppich, das Buschwerk und Gestrüppe, den Nied
zusammensetzen. Der Baustil des Mittelblattstammes ist darum sozu
des ganzen Pflanzenstockes.

Dieser eigentümliche Baustil und die davon abhängige Physiognom
ist zunächst von der Größe, von der Länge und Dicke der Mit
hängig, und es ist selbstverständlich, daß in dieser Beziehung ganz
Platz greifen wie bei den früher besprochenen Niederblattstämmen.
Gegensätze in den Größenverhältnissen bei weitem auffallender. Ge
schen fädigen beblätterten Stämmen, die kaum 1 cm lang werden
Baumriesen Nordamerikas und Neuhollands anderseits haben nicht
ganzen Pflanzenwelt. An jenen Gewächsen, welche im Laufe eines ei
wachsen, blühen und fruchten und nach dem Ausstreuen der Samen
kurzlebigen Pflanzen, welche man einjährig genannt hat, erreicht
Mittelblattstamm nur selten einen bedeutenden Durchmesser. An m
tengewächsen, wie z. B. an dem wenigblütigen Hirtentäschel (Capsel
an dem winzigen Kleinlinge (Centunculus minimus), beträgt der D
mes manchmal kaum 1/2 mm. Die größten Abmessungen dagegen
einjährigen Pflanzen an Ricinus communis, von welchem manche
durchmesser von 7 cm, und an den im Himalaja heimischen Balsaminen
und glanduligera), die mitunter einen Querdurchmesser des Mittelbl
erreichen. Bei diesen einjährigen Gewächsen geht mit den Blättern
Stamm alljährlich zu Grunde. Anders bei den Pflanzen, deren Sto
eine Vegetationsperiode lebend erhält, und welche mehrjährig genannt
ihr Laub abgeworfen haben, so sterben sie nicht notwendig ab, sonder
zu Trägern jener belaubten Sprosse, welche aus ihren Knospen hervo
gen dann auch einen Umfang, welcher mit der nun zu tragenden Last
nisse steht. Auch die Struktur solcher Mittelblattstämme wird dann eine
der einjährigen Gewächse sowie auch jene der neuen Sprosse mehrjäh
eine grüne saftreiche Rinde mit einer eigentümlich ausgebildeten Ob
einen solchen Stamm krautartig (stirps herbacea) oder gebrauchen fü
den Namen Stengel (caulis). An den zum Piedestale gewordenen en
mehrjähriger Pflanzen dagegen erscheint an Stelle der saftreichen gr
trocknete Kruste, eine Borke, und im Innern bilden sich fort und f
aus, welche sich auf die schon im ersten Jahre gebildeten Bündel aus
gefäßen anlagern und so den Umfang des Stammes vergrößern. Ma
Stamm dann holzig (stirps lignea). Holzige Stämme, welche Jahrh
fort und fort in dieser Weise verdicken, erreichen mitunter den Umfa
Umfang einer mexikanischen Konifere (Taxodium mucronatum) is

gemessen worden, und es übersteigt dieser Umfang jenen des oben erwähnten einjährigen Stammes von Centunculus um mehr als das Hunderttausendfache. Die Dicke der Stämme ist im allgemeinen an der Basis am größten und nimmt nach oben zu allmählich ab; nur einige Palmen erscheinen unmittelbar unterhalb des von ihnen getragenen Schopfes grüner Laubblätter dicker als an der Basis, und an den sonderbaren Wollbäumen (Bombaceen), von welchen untenstehend eine Abbildung eingeschaltet ist, bildet der Stamm eine tonnenförmig aufgetriebene Masse und zeigt beiläufig in der Mittelhöhe den größten Umfang. Sehr häufig beobachtet man eine ungleichmäßige Verdickung des Mittelblattstammes, welche dadurch zu stande kommt, daß sich an jenen Stellen, wo Blätter vom Stamme ausgehen, Knoten ausbilden, während jene Stücke des Stammes, welche zwischen zwei aufeinander



Wollbäume in den Catingas Brasiliens. (Nach Martius.)

folgenden Ursprungsstellen von Blättern, beziehentlich Knoten liegen, und welche man Stengelglieder oder Internodien nennt, Cylinder oder Prismen darstellen. Ein Mittelblattstamm, welcher diese Eigentümlichkeit zeigt, heißt knotig (nodosus). Bisweilen schließen die Glieder solcher knotiger Stämme unter stumpfen Winkeln aneinander, und ein solcher Stamm wird in der botanischen Kunstsprache zickzackig (flexuosus) genannt.

Die einzelnen ausgewachsenen Glieder, aus welchen sich der Mittelblattstamm aufbaut, sind nur in seltenen Fällen und auch da nur auf kurze Strecken von ganz gleicher Länge. Mitunter wechseln längere und kürzere Stengelglieder oder Internodien regelmäßig miteinander ab, und ein nicht seltener Fall ist der, daß auf mehrere sehr verkürzte Stammglieder ein einzelnes sehr verlängertes folgt. Wenn dieses verlängerte Glied des Mittelblattstammes in den mit Hochblättern besetzten Stammteil übergeht, so wird dasselbe Schaft (scapus) genannt. Wie an dem Niederblattstamme kann man auch an dem Mittelblattstamme Kurztriebe und Langtriebe unterscheiden. An den Kurztrieben sind die Laubblätter manchmal so gehäuft, daß aus ihnen Rosetten oder Büschel werden, welche den sie

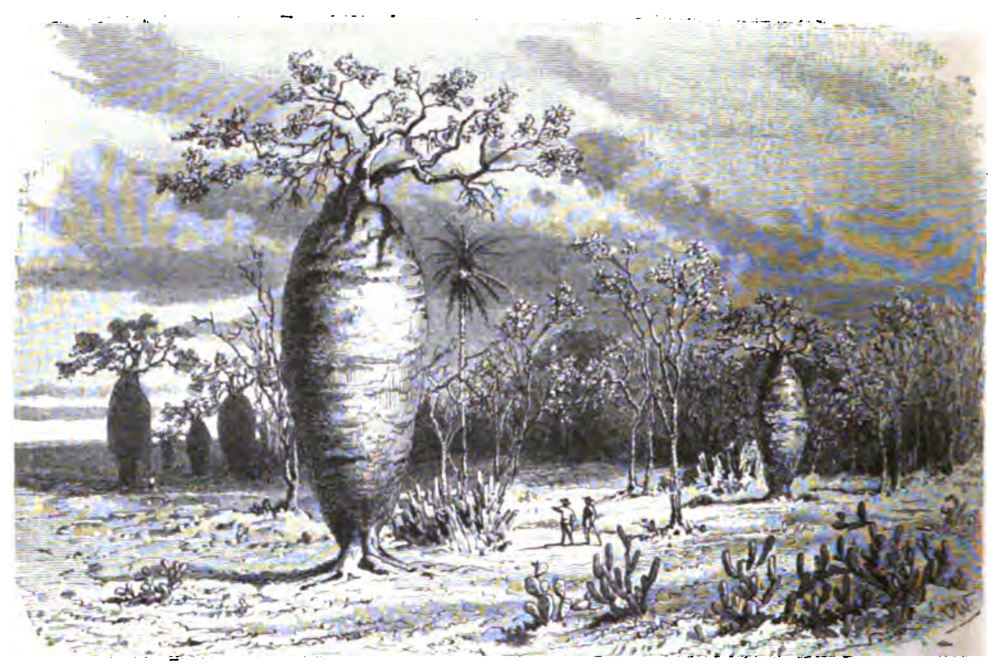
tragenden Stamm ganz verdecken. Dagegen findet man an manchem Langtriebe, daß er die Laubblätter nur sehr spärlich und nur in großen Abständen entwickelt, und solche Langtriebe ist man bei flüchtiger Betrachtung versucht für laublose Stämme eines Rutenstrauches zu halten. Eine große Zahl von Gewächsen bildet im Laufe des einen Jahres nur Kurztriebe mit rosettenförmigen, dem Boden aufliegenden Laubblättern aus; im darauf



Agaven der mexikanischen Hochebene. (Nach einer Photographie.) Vgl. Text, S. 618.

folgenden Jahre wächst dann die Spitze des Kurztriebes zu einem schlanken Langtrie heran, welcher obenauf in einen Hochblattstamm übergeht. So verhält es sich bei ' meisten Pflanzen, deren Stamm man als zweijährig (stirps biennis) bezeichnet. Aber an mehreren viele Jahre hindurch ausdauernden Arten der Gattungen Hauswurz (pervivum), Aloe (Aloë) und verschiedenen andern Pflanzen mit fleischigen Dick werden ähnliche Verhältnisse beobachtet, nur erstreckt sich bei diesen die geschilde einanderfolge von Kurz- und Langtrieben auf mehrere, oft auf sehr viele Ja sehr auffallende hierher gehörige Form ist die unter dem Namen der hundertjä

gemessen worden, und es übersteigt dieser Umfang jenen des oben erwähnten einjährigen Stammes von Centunculus um mehr als das Hunderttausendfache. Die Dicke der Stämme ist im allgemeinen an der Basis am größten und nimmt nach oben zu allmählich ab; nur einige Palmen erscheinen unmittelbar unterhalb des von ihnen getragenen Schopfes grüner Laubblätter dicker als an der Basis, und an den sonderbaren Wollbäumen (Bombaceen), von welchen untenstehend eine Abbildung eingeschaltet ist, bildet der Stamm eine tonnenförmig aufgetriebene Masse und zeigt beiläufig in der Mittelhöhe den größten Umfang. Sehr häufig beobachtet man eine ungleichmäßige Verdickung des Mittelblattstammes, welche dadurch zu stande kommt, daß sich an jenen Stellen, wo Blätter vom Stamme ausgehen, Knoten ausbilden, während jene Stücke des Stammes, welche zwischen zwei aufeinander

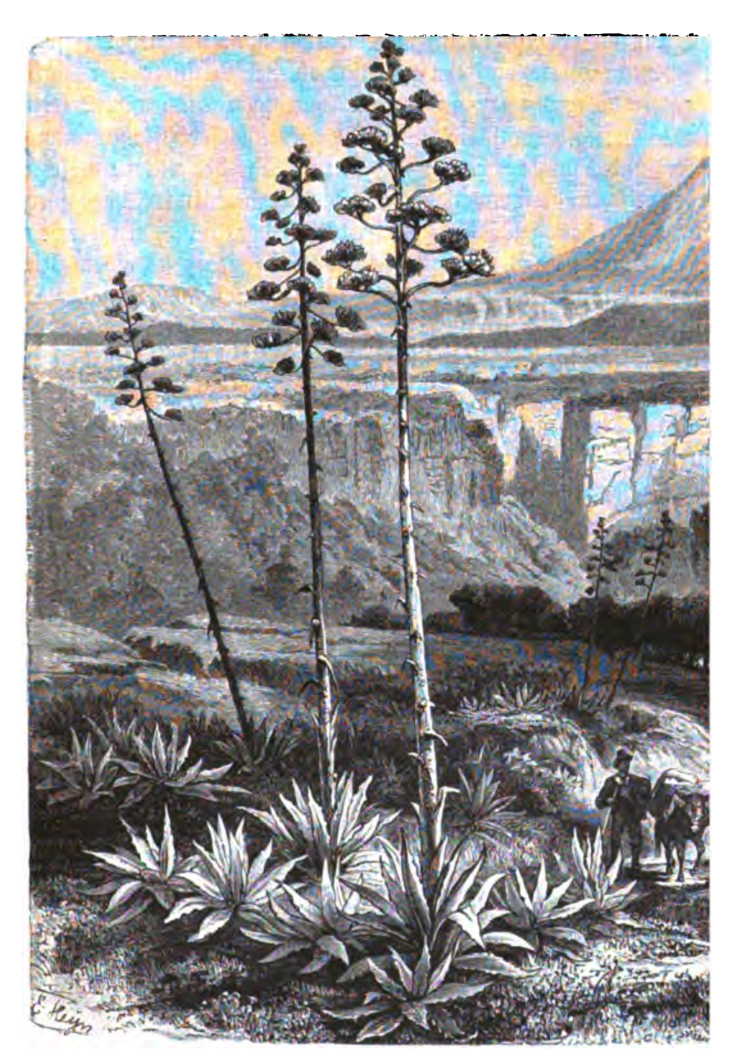


Wollbäume in den Catingas Brasiliens. (Nach Martius.)

folgenden Ursprungsstellen von Blättern, beziehentlich Knoten liegen, und welche man Stengelglieder oder Internodien nennt, Cylinder oder Prismen darstellen. Ein Mittelblattstamm, welcher diese Eigentümlichkeit zeigt, heißt knotig (nodosus). Bisweilen schließen die Glieder solcher knotiger Stämme unter stumpfen Winkeln aneinander, und ein solcher Stamm wird in der botanischen Kunstsprache zickzackig (flexuosus) genannt.

Die einzelnen ausgewachsenen Glieder, aus welchen sich der Mittelblattstamm aufbaut, sind nur in seltenen Fällen und auch da nur auf kurze Strecken von ganz gleicher Länge. Mitunter wechseln längere und kürzere Stengelglieder oder Internodien regelmäßig miteinander ab, und ein nicht seltener Fall ist der, daß auf mehrere sehr verkürzte Stammglieder ein einzelnes sehr verlängertes folgt. Wenn dieses verlängerte Glied des Mittelblattstammes in den mit Hochblättern besetzten Stammteil übergeht, so wird dasselbe Schaft (scapus) genannt. Wie an dem Niederblattstamme kann man auch an dem Mittelblattstamme Kurztriebe und Langtriebe unterscheiden. An den Kurztrieben sind die Laubblätter manchmal so gehäuft, daß aus ihnen Rosetten oder Büschel werden, welche den sie

tragenden Stamm ganz verdecken. Dagegen findet man an manch
Laubblätter nur sehr spärlich und nur in großen Abständen en
triebe ist man bei flüchtiger Betrachtung versucht für laublo
strauches zu halten. Eine große Zahl von Gewächsen bildet in
nur Kurztriebe mit rosettenförmigen, dem Boden aufliegenden La



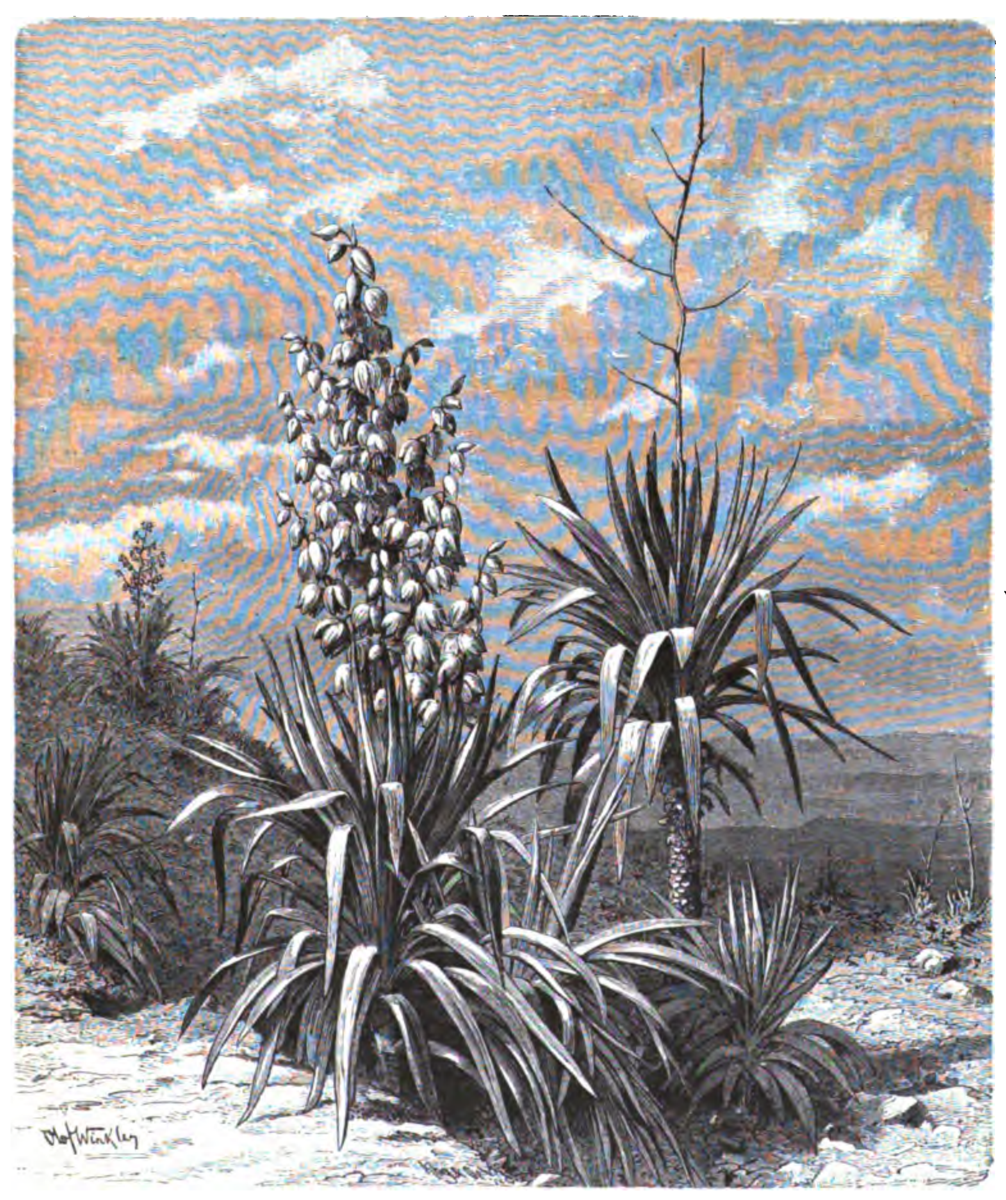
Agaven der mexikanischen Hochebene. (Nach einer Photographie.)

folgenden Jahre wächst dann die Spitze des Kurztriebes zu ei
heran, welcher obenauf in einen Hochblattstamm übergeht. S
meisten Pflanzen, deren Stamm man als zweijährig (stirps bien
an mehreren viele Jahre hindurch ausdauernden Arten der Ga
pervivum), Aloe (Aloë) und verschiedenen andern Pflanzen m
werden ähnliche Verhältnisse beobachtet, nur erstreckt sich bei di
einanderfolge von Kurz- und Langtrieben auf mehrere, oft au
sehr auffallende hierher gehörige Form ist die unter dem Namen

bekannte Agave Americana, welche in der Abbildung auf S. 617 dargestellt ist. Es vergehen oft 20, 30, angeblich selbst 100 Jahre, in welchem langen Zeitraume diese Pflanze über die Bildung des bodenständigen, mit rosettig gruppierten Blättern besetzten Kurztriebes nicht hinauskommt. Endlich erhebt sich aus der Mitte der Rosette ein Langtrieb, welcher mit einem umfangreichen Blütenstande abschließt. Sobald sich aus den Blüten Früchte herausgebildet haben und die Samen ausgeflogen sind, stirbt dann, ähnlich wie bei den zweijährigen Pflanzen, nicht nur dieser Langtrieb, sondern auch der Kurztrieb mit seinen großen, dornig gezahnten, starren Rosettenblättern gänzlich ab. Auch unter den Wasserpflanzen ist dieser Typus vertreten und zwar an der merkwürdigen Wasserschere (Stratiotes aloides), von welcher schon wiederholt die Rede war. Bei dieser Pflanze kommen, ähnlich wie bei den Hauswurz- und Steinbrecharten, aus den Achseln der untern Rosettenblätter Langtriebe hervor, welche so lange fortwachsen, bis sie über den Umkreis der ganzen Rosette hinausgekommen sind. Ist das geschehen, so streckt sich der junge, wagerecht abstehende Sproß nicht mehr weiter, und das Ende desselben wird wieder zu einem Kurztriebe, beziehentlich zu einer Rosette, welche in den folgenden Jahren neuerdings Langtriebe aussendet. Ein ähnlicher Wechsel von Lang- und Kurztrieben wird übrigens auch noch bei zahlreichen andern Pflanzen beobachtet. An den holzigen, buschigen Spiräen und den Rosen, an dem Weißdorne, Sanddorne, Sauerdorne und Bocksdorne, welche wir später als heckenbildende Sträucher kennen lernen werden, entwickeln sich von demselben Sprosse teils Langtriebe, teils Kurztriebe. Auch an mehreren Nadelhölzern, wie z. B. an den Zedern und Lärchenbäumen, sind die von einem Sprosse ausgehenden Zweige zum größern Teile Kurztriebe mit büschelig gruppierten Nadeln, und nur wenige derselben werden zu Langtrieben. An den Kiefern dagegen sind wieder sämtliche Seitenzweiglein Kurztriebe, und hier tritt auch noch der merkwürdige Fall ein, daß an mehreren Arten, wie z. B. der gewöhnlichen Kiefer (Pinus silvestris), ein Seitenzweiglein nur je zwei nadelförmige Blätter trägt. Einen ganz eigentümlichen Aufbau zeigen auch die Baumfarne, Cykadeen, Pandaneen, Grasbäume, viele Palmen, Dracänen und Yucca-Arten, für welche die auf S. 619 abgebildete Yucca gloriosa als Vorbild dienen kann. Der jährliche Zuwachs des Stammes ist verhältnismäßig kurz; die Blätter, welche von diesem Stammstücke allseitig ausladen, sind daher dicht zusammengedrängt und bilden eine Rosette, welche in betreff der Anordnung der einzelnen Teile von den auf dem Boden aufliegenden Rosetten der Agaven und Hauswurzarten sich nicht unterscheidet und gleich diesen als Kurztrieb aufzufassen ist. Wenn sich in einem neuen Jahre der Stamm um einen weitern Kurztrieb verlängert, so sterben die Laubblätter des frühern Jahres allmählich ab, und es bleiben von ihnen nur häutige und faserige Reste der Blattscheiben oder manchmal auch nur schmale Kanten, welche die Narben der Ablösungsstellen umranden, zurück, und die Rosette oder der Schopf grüner, frischer Blätter wird jetzt von einem entblätterten Strunke oder säulenförmigen Stamme getragen. Das geht so fort viele Jahre hindurch, und man sieht dann von dem mit Narben besetzten, fast gleich dicken Stamme die riesige Blattrosette immer höher und höher über den Boden gehoben. Gewächse, welchen diese Wachstumsweise zukommt, erreichen übrigens selbst im Laufe vieler Jahre bei weitem nicht jene Höhe, welche die mit Langtrieben abschließenden oder in Langtriebe ausästenden und in ihren ältern Teilen verholzenden Mittelblattstämme zeigen. Selbst die mächtigste, mit einem Kurztriebe endigende Palme ist ein Zwerg im Vergleiche zu den mit Langtrieben fortsprossenden Rotangen oder Kletterpalmen, von deren Stämmen es bekannt ist, daß sie nahezu 200 m lang werden können. Die Länge von 200 m ist überhaupt das größte Längenausmaß, welches ein Mittelblattstamm erreicht, und wenn wir hier wieder die Extreme gegenüberstellen und mit den Kletterpalmen die Stämme der winzigen, auf den Hochalpen

wachsenden Gentiana nana vergleichen, so ergibt sich, daß der kürzeste von dem längsten aller Mittelblattstämme in runder Zahl um das Zwanzigtausendfache übertroffen wird.

Von größter Bedeutung für die Architektonik der Mittelblattstämme ist auch das



Yucca gloriosa. (Nach einer Photographie.) Vgl. Text, S. 618.

Bedürfnis der von ihnen getragenen Blätter nach Licht. Notwendiger
wird der Mittelblattstamm als Träger von Organen, welche die Aufgabe haben, a
aufgenommenen Nährgasen im Sonnenlichte organische Stoffe zu bereiten, in seinem
tume und in betreff der Lage, welche seine Verzweigungen im Raume einnehm
waltend durch die Beleuchtungsverhältnisse beeinflußt. Damit sämtliche grüne Bl

eines Stockes in das richtige Licht gestellt werden können, ist es geboten, daß alle jene Triebe, welche als Mittelblattstämme zu gelten haben, sich in entsprechender Weise gruppieren und sich in den Raum in passendster Weise teilen. Von den Gewächsen, deren Blätter von Kurztrieben ausgehen, kann selbst unter den günstigsten Bedingungen das Licht nur innerhalb eines verhältnismäßig eng umschriebenen Raumes ausgenutzt werden. Weit günstiger sind in dieser Beziehung jene Pflanzen gestellt, deren Mittelblattstämme als Langtriebe entwickelt sind. Diese können ihre Blätter stufenweise über- und nebeneinander ausbreiten und in entsprechend weiten Absätzen und Abständen zum Sonnenlichte in die Höhe heben. Das Erheben über den Boden wird entweder durch besondere Einrichtungen im Innern der Stämme möglich gemacht, oder aber es erfolgt dadurch, daß die Stämme irgend eine feste Unterlage oder Stütze benutzen und an dieser zum Lichte emporklimmen. Auch können Langtriebe, welchen die Fähigkeit abgeht, sich auf die eine oder andre Art über den Boden zu erheben, in das Erdreich gebettet oder auf dasselbe hingestreckt sich verlängern und, nach allen Richtungen hinlaufend, ihre grünen Blätter mosaikartig aneinander reihen. Endlich können die Mittelblattstämme auch durch das sie umspülende Wasser in jener Lage gehalten werden, welche für die von ihnen getragenen Laubblätter die zuträglichste ist. Mit Rücksicht auf diese Verhältnisse lassen sich die Mittelblattstämme übersichtlich in vier Gruppen, nämlich in die auf der Erde liegenden (stirpes procumbentes), die im Wasser flutenden (stirpes fluctuantes), die klimmenden (stirpes scandentes) und die aufrechten oder pfahlförmigen (stirpes palares), einteilen.

Liegende und flutende Stämme.

Überblickt man die Gewächse, deren eigentümliches Aussehen vorwaltend durch den liegenden Mittelblattstamm bestimmt wird, so fällt auf, daß sie der Mehrzahl nach in Torfmooren, auf steinigen Terrassen des Hügellandes, in den Felsritzen windgepeitschter Berghöhen oder endlich auf den sandigen Flächen der Niederungen wurzeln, im allgemeinen also einen Boden bewohnen, welcher nicht als fruchtbar gilt, auf welchem die Stürme freies Spiel haben, und wo hoch strebende Pflanzen einen schweren Stand haben würden. Die Blätter, von welchen die liegenden Stämme geschmückt werden, sind meistens ungeteilt, klein und an jedem Jahrestriebe in großer Zahl vorhanden. Wo die Zahl derselben eine geringe ist, und wo die Glieder des jährigen Triebes mehr verlängert sind, findet man die Blätter auch geteilt; dann aber sind die einzelnen Abschnitte von jener Form, welche die Blätter der kurzgegliederten Triebe zeigen. Mögen die Blätter dekussiert oder mögen sie schraubenförmig gestellt sein, stets erscheinen sie an dem ausgewachsenen liegenden Stamme in zwei oder in drei Zeilen gereiht (vgl. S. 387). Wo nicht lokale unüberwindliche Hindernisse vorhanden sind, breiten sich die liegenden Stämme von der Stelle, wo der Stock zuerst Wurzel gefaßt hat, nach allen Seiten aus, und wenn die betreffenden Arten zu den geselligen gehören, überziehen sie den Boden, der ihnen zur Unterlage dient, in verhältnismäßig kurzer Zeit mit einem geschlossenen Teppiche. In den jüngsten Entwickelungsstadien sind die Sprosse noch nicht auf den Boden hingestreckt, namentlich ist die Achse des unmittelbar über dem Keimblattstamme entspringenden Stammes immer aufrecht; alsbald aber, nachdem eine Streckung in die Länge stattgefunden hat, neigt sich der Stamm zur Seite, schmiegt sich dem Erdreiche an oder bildet wohl auch einen nach oben zu konvexen Bogen, um mit seinem freien Ende den Boden zu erreichen. Die Spitze erscheint allerdings immer wieder etwas aufgerichtet, und die meisten liegenden jungen Sprosse haben daher die Gestalt eines ∽. In dem Maße, als ein solcher Stamm sich

verlängert, schmiegt sich immer das hinter der fortwachsenden Spitze liegende Stück der Unterlage an. In vielen Fällen sind diese Stämme nicht geeignet, sich aufrecht zu erhalten. Der Boden, auf den sie sich betten, ist für sie thatsächlich Liegerstatt und Stütze, und sobald ihnen diese entzogen wird, werden sie nickend und überhängend, wie das an dem Sinngrüne (Vinca), an den Erdbeerenpflanzen (Fragaria) und an dem in Ampeln so häufig gezogenen japanischen Steinbreche (Saxifraga sarmentosa) beobachtet wird. Daß es aber nicht immer das eigne Gewicht und das Gewicht der Blätter ist, welches diese Wachstumsweise unmittelbar veranlaßt, oder, mit andern Worten, daß die Sprosse nicht unter der Last ihrer Blätter auf den Boden hinsinken, sieht man deutlich genug an den liegenden Stämmen der ausläufertreibenden Habichtskräuter (z. B. Hieracium Pilosella), welche, abgepflückt und aufrecht gestellt, ganz steif und gerade bleiben und nicht die geringste Biegung erfahren. Wenn die Stämme der herzblätterigen Kugelblume (Globularia cordifolia) oder jene des Sandginsters (Genista pilosa) auf einer Felsterrasse wachsen und, sich verlängernd, über den Rand der Terrasse hinauskommen, so hängen sie nicht senkrecht herab, was doch der Fall sein müßte, wenn ausschließlich ihr eignes Gewicht für die eingehaltene Richtung maßgebend wäre, sondern krümmen sich bogenförmig um den überhängenden Felsen und bleiben selbst den einschüssigen Stellen der Felswand dicht angeschmiegt.

Die erste Gruppe von Gewächsen mit liegendem Mittelblattstamme ist ausdauernd; die wachsende Spitze ihrer Stämme rückt alljährlich um ein Stück über die Unterlage vorwärts, und der neugebildete Sproß ist die Fortsetzung des schon vorhandenen ältern Stammgliedes. Anfänglich ist das neue Stammstück aufgerichtet, nach einem Jahre aber erscheint es dem Boden aufgelagert oder demselben förmlich angepreßt; es treibt nun Seitenäste, welche die eben geschilderte Wachstumsweise wiederholen, erhält sich aber noch immer frisch und lebenskräftig, dient, nachdem es die Blätter abgeworfen, noch Jahre hindurch der Zuleitung flüssiger Nahrung aus dem Boden und stirbt sehr allmählich und langsam von hinten her ab.

An vielen dieser ersten Gruppe angehörenden Formen verholzen die ältern Stammteile, erhalten sich dann gewöhnlich sehr lange Zeit, können auch an Umfang zunehmen und zeigen mitunter zahlreiche Jahresringe, wie z. B. die den Felsplatten der Hochalpen angepreßten Stämme der liegenden Weiden, von welchen auf S. 489 eine Abbildung eingeschaltet ist. Die sich verlängernden Stämme wurzeln häufig auf weiter Erstreckung an ihre Unterlage nicht an. Faßt man sie an den belaubten Spitzen und zieht sie von ihrer Liegerstatt ab, so überzeugt man sich, daß die Triebe mehrerer, oft vieler Jahre noch immer keine Wurzeln geschlagen haben. Wenn solche Stämme sich verzweigt und mit ihren Ästen über den Boden in weiterm Umkreise ausgebreitet haben, so entstehen förmliche Teppiche, welche sich von der Erde oder von den Felsterrassen als ein zusammenhängendes Ganze abheben lassen, wie das beispielsweise mit der Bärentraube (Arctostaphyllos Uva ursi) und der Silberwurz (Dryas octopetala) der Fall ist. Es fällt auf, daß eine so große Zahl der hierher gehörenden Arten wintergrünes Laub besitzt, und es sei in dieser Beziehung nur auf die liegende Azalea (Azalea procumbens, s. Tafel bei S. 278), dann auf die Moosbeere (Oxycoccos palustris) und die herzblätterige Kugelblume (Globularia cordifolia) hingewiesen. Die Fingerkräuter mit verholzenden Stämmen (z. B. Potentilla nitida und Clusiana), die Sibbaldia (Sibbaldia procumbens) und mehrere Baldriane (z. B. Valeriana tripteris und montana), welche gleichfalls liegende verholzende Stämme entwickeln, besitzen allerdings kein wintergrünes Laub und sind auch dadurch von den früher genannten unterschieden, daß der jährliche Zuwachs ihrer Stämme nur ein sehr geringer ist, demzufolge ältere Stöcke gewöhnlich ein rasenförmiges Ansehen erhalten. Mehrere Arten der Gattung Thymian (Thymus) sind dagegen wieder dadurch ausgezeichnet, daß sie

Gewächse können der Wurzelborn (Tribulus), das Uferkraut (Corrigiola), das Knorpelkraut (Illecebrum), der Gauchheil (Anagallis), der epheublätterige Ehrenpreis (Veronica hederifolia), der Portulak (Portulaca oleracea) und zahlreiche Arten der Gattungen Knöterich, Klee und Schneckenklee (Polygonum, Trifolium, Medicago), als Beispiele für bodenlagernde ausdauernde Pflanzen der Schotenklee (Tetragonolobus siliquosus), die bunte Kronwicke (Coronilla varia) und mehrere nelkenartige Gewächse (z. B. Saponaria ocymoides, Telephium Imperati) gelten.

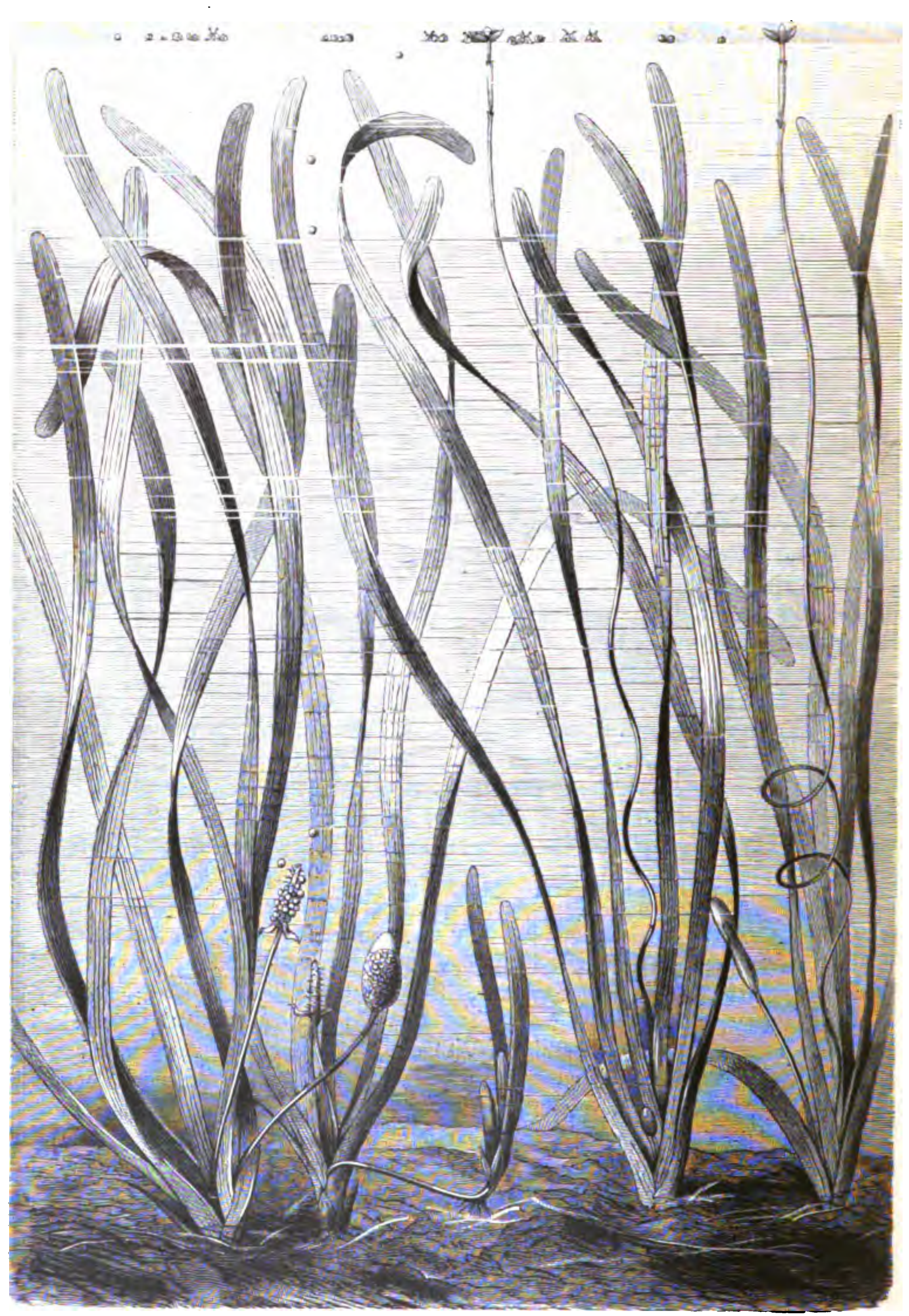
Wenn sich ein belaubter Sproß der Erde auflagert, so kann er füglich auf die Ausbildung jener Zellen verzichten, welche die Tragfähigkeit und Biegungsfestigkeit seines Stammes bedingen würden, und es sind Pflanzen mit liegenden Stämmen mit Rücksicht auf die Ersparung dieses Baumateriales im Vergleiche zu den aus eigner Kraft aufrecht stehenden Pflanzen im Vorteile. Anderseits aber ist mit der liegenden Form der Nachteil verbunden, daß der Stamm nur verhältnismäßig wenig grünes Blattgewebe dem Lichte auszusetzen vermag. Es können von seinen Blättern nur diejenigen gut durchleuchtet werden, welche in einer einzigen zur Unterlage parallelen Schicht mosaikartig geordnet sind. Die Ausbildung einer zweiten höhern Schicht aus mosaikartig zusammenschließenden Laubblättern wäre schon von entschiedenem Nachteile, denn sie würde ein Vergilben und Verkümmern der tiefern Laubblattschicht zur Folge haben. Es sind demnach für liegende Sprosse der Vergrößerung ihrer gesamten grünen Gewebemasse in der Richtung nach oben sehr enge Grenzen gezogen. Nach abwärts bildet wieder der Boden für die Entwickelung grüner Flächen eine unüberwindbare Schranke. Im dunkeln Schoße der Erde würde ein grünes Blatt ganz nutzlos sein, und in der That gibt es auch keine einzige Pflanze, deren grünes Gewebe den Tiefen des Erdreiches eingelagert wäre.

Mit dem Wasser ist das anders. Soweit in dasselbe Licht einzudringen vermag, können dort grüne Zellen und Gewebe ohne weiteres funktionieren. Wenn nun das Wasser überdies noch die Aufgabe übernimmt, die Stengel und grünen Blätter in einer bestimmten Lage zu erhalten, und wenn so den im Wasser wachsenden Pflanzen die Ausbildung von Holz und Bast und überhaupt von säulenfesten und biegungsfesten Gewebemassen erspart wird, wenn endlich für die Wasserpflanzen auch noch insofern eine Ersparung an Stoff und Arbeit stattfindet, als der Aufbau von Organen zur Wasserleitung und zur Transpiration entfällt, so sollte man meinen, daß das Wasser ein für den grünen Pflanzenwuchs äußerst vorteilhaftes Medium wäre, und man sollte auch erwarten, daß alle Wasseransammlungen unsers Erdballes mit grünen Gewächsen ganz vollgepfropft wären. Daß dem nicht so ist, erklärt sich einfach daraus, daß das Licht nicht sehr weit in das Wasser eindringt. Im tiefen Dunkel, unterhalb 200 m, ist das Leben grüner Pflanzen im Wasser ebenso unmöglich wie im dunkeln Schoße der Erde, und der Grund des Ozeanes ist auf ungeheure Erstreckung eine in Finsternis gehüllte pflanzenleere Wüste. Soweit aber das Wasser durchleuchtet ist, an allen Stellen, wo das Wasser seichte Becken erfüllt, desgleichen in einem verhältnismäßig schmalen Höhengürtel längs der Steilküsten ist ein unendlicher Reichtum von Gewächsen zu finden. Freilich haben daselbst Sporenpflanzen, die sich aus Zellenreihen, Zellennetzen und Zellenplatten aufbauen, das Übergewicht, und die Samenpflanzen, welche mit einem Stamme versehen sind, treten, was die Zahl der Arten anlangt, auffallend zurück. Aber gerade diese letztern Arten nehmen mit Rücksicht auf die ganz eigentümlichen Bedingungen, unter denen sie leben, unser Interesse in ganz besonderm Grade in Anspruch.

Die flutenden Stämme der Wasser- und Sumpfpflanzen entbehren, wie schon wiederholt erwähnt, des Holzes und Bastes, dagegen sind sie mit auffallend großen Luftkanälen durchzogen und infolgedessen ungemein leicht und schwimmfähig. Schneidet man den aufrechten Stamm einer im Seegrunde wurzelnden Wasserpflanze nahe über seinen Wurzeln

ab, so steigt er sofort zur Oberfläche der Wasseransammlung empor, nimmt dort eine horizontale Lage an, erhält sich schwimmend und kann unter Umständen auch weiterwachsen und vielleicht, an den seichten Strand getrieben, wieder anwurzeln. Wenn man dagegen aus einem vollen Teiche, der mit Wasserranunkeln, Laichkräutern, Tausendblatt und andern Gewächsen erfüllt ist, das Wasser abfließen läßt, so sinken alle diese Pflanzen schlaff und welk auf den Boden hin, ihre Stämme haben nicht die Fähigkeit, sich selbst und ebensowenig ihre Blätter in aufrechter Lage zu erhalten. Das Wasser, in dem sie fluten, stützt und trägt sie, und sie sind in dieser Beziehung den klimmenden Stämmen zu vergleichen, welche auch einer Stütze bedürfen, wenn sie von dem Erdboden in die Höhe kommen sollen. Auch insofern ist eine Analogie zwischen den genannten Pflanzen nicht zu verkennen, als in beiden Fällen das Bedürfnis nach „mehr Licht" die Richtung des Wachstumes beeinflußt und die Ursache ist, daß in dem einen Falle der Stamm aus dem Dunkel des Waldgrundes hinauf in die sonnigen Wipfel der Bäume, in dem andern Falle aus dem gedämpften Lichte des Seegrundes zu dem Wasserspiegel oder doch in die nächste Nähe desselben emporwächst. In manchen Fällen bleibt der Stamm der Wasserpflanzen allerdings so kurz, daß er kaum merklich aus dem Schlamme des Seegrundes hervorragt; dann aber sind die von ihm ausgehenden Blätter zu langen Bändern ausgestaltet, welche mit ihren freien flutenden Enden in die besser beleuchteten obern Wasserschichten emporragen, oder aber es erheben sich von dem kurzen, im Schlamme gebetteten Stamme Blätter mit großen Blattspreiten und langgestreckten Stielen, welch letztere so lange fortwachsen, bis die scheibenförmigen Spreiten auf die Wasseroberfläche gelangen und, dort schwimmend, das volle Sonnenlicht genießen können. Dann gibt es auch Gewächse, deren Stamm überhaupt gar nicht an dem Boden unter der Wasseransammlung festgewurzelt ist, sondern die sich nahe über der Oberfläche oder selbst auf dem Wasserspiegel frei schwimmend erhalten und nur zur Zeit, wenn ihre chlorophyllreichen Blätter die Arbeit einstellen, in den düstern Grund hinabsinken und dort zeitweilig in den Ruhestand versetzt werden.

Hiermit sind aber auch die auffallendsten Verschiedenheiten angegeben, welche man benutzt, um die stammbildenden Wasserpflanzen in architektonische Gruppen einzuteilen. Zunächst eine Gruppe von Gewächsen, für welche die Wasserriemen als Vorbild gelten können. Dieselben haben im Schlamme eingebettete, kriechende und durch Wurzelfasern festgehaltene Stämme; die von diesen Stämmen ausgehenden Blätter sind aufrecht, sehr lang und schmal, machen den Eindruck von dünnen, schlaffen Bändern, welche nur durch das Wasser in ihrer aufrechten Lage erhalten werden, und deren obere freie Enden bei sinkendem Wasserstande nicht wie jene der Wasserlilienblätter über den Wasserspiegel emporragen, sondern nickend werden und sich dicht unter dem Wasserspiegel gebeugt erhalten. Es gehören hierher die im brackigen Wasser am flachen Meeresstrande in großen Beständen wachsenden Arten der Gattung Wasserriemen (Zostera), deren Blätter auch gesammelt und getrocknet werden und unter dem Namen Seegras zur Füllung von Polstern in den Handel kommen, dann die auf S. 626 abgebildete Vallisneria spiralis, über deren merkwürdige Blüten später noch ausführlicher zu sprechen sein wird, endlich auch noch einige Igelkolben (Sparganium). An diese Gruppe reiht sich eine zweite, als deren Repräsentant die seltsame, in den Gewässern Madagaskars heimische Gitterpflanze (Aponogeton fenestrale oder Ouviranda fenestralis) hingestellt werden kann. Ihre kurzen Stämme sind im Schlamme versenkt, die Blätter kurz gestielt, aber nicht aufrecht, sondern rosettenförmig über den schlammigen Grund der Wasseransammlung ausgebreitet. Die grüne Farbe des Chlorophylls wird in ihnen durch einen rotbraunen Farbstoff fast ganz verdeckt, das Parenchym, welches sonst die Maschen der netzförmig verbundenen Stränge auszufüllen pflegt, fehlt, und die Stränge, welche das Grundgerüst der Blattspreite bilden, sind nur mit einer dünnen



Vallisneria spiralis. Vgl. Text, S. 625.

Lage chlorophyllführender Zellen belegt, so daß das ganze Gebilde einem im Herbste vom Baume gefallenen und unter Wasser macerierten Blatte ähnlich sieht, von welchem nach dem Herausfallen des leicht verwitternden Parenchyms nur das Netz der Stränge übriggeblieben ist. Als Vorbild für die dritte Gruppe können die Seerosen dienen. Die Stämme derselben sind kurz, wurzeln im Schlamme und senden Blätter aus, deren breite, im Umrisse häufig kreisförmige Spreiten von sehr langen Stielen getragen werden. Die scheibenförmigen Blattspreiten liegen mit ihrer untern Seite dem Wasserspiegel auf, während über ihre obere Seite die Luft hinstreicht. Die Blattstiele durchmessen also die ganze Tiefe der Wasseransammlung und nehmen sich wie Taue aus, mittels welcher die schwimmenden Blattscheiben im schlammigen Grunde verankert sind. Ebenso verhalten sich die langen Hochblattstämme, welche von den auf dem Wasser schwimmenden Blüten abgeschlossen werden. In diese Gruppe sind auch die zur Gattung Marsilea gehörigen Wasserfarne zu stellen, deren Blätter vierzähligen Kleeblättern ähnlich sehen. Dagegen bilden der Froschbiß (Hydrocharis) und die Sumpfblume (Limnanthemum) eine vierte Gruppe, deren Arten zwar auch auf dem Wasserspiegel schwimmende Blattscheiben und Blüten zeigen, aber Blattstiele und Blütenstiele nicht unmittelbar von dem im Schlamme des Teichgrundes wurzelnden Hauptstamme, sondern von langen, seilförmigen Seitenstämmen aussenden, welche unter Wasser blattlos sind und erst knapp am Wasserspiegel sich verzweigen. Durch die Gruppe jener Wasserpflanzen, welche man die verschiedenblätterigen (plantae heterophyllae) nennt, deren lange, seilförmige oder fadenförmige, im Wasser flutende Stengel, so weit sie untergetaucht sind, mit dünnen, schlaffen, häufig in zahlreiche feine Zipfel gespaltenen Blättern besetzt erscheinen, obenauf aber scheibenförmige, derbe, dem Wasserspiegel auflagernde Blattspreiten entwickeln, und für welche als Beispiele mehrere Laichkräuter (Potamogeton heterophyllus, rufescens, spathulatus), einige Wasserranunkeln (Ranunculus aquatilis, Baudotii, hololeucus), die Cabomba (Cabomba aquatica) und die Wassernuß (Trapa) angeführt sein mögen, wird der Übergang zur sechsten, umfangreichsten Gruppe hergestellt, deren Arten zwar ähnlich jenen der frühern Gruppen im schlammigen Grunde festgewurzelt sind, aber an den sich erhebenden Stämmen nur untergetauchte, dünne und schlaffe Blätter tragen. Man nennt diese Pflanzen in der beschreibenden Botanik untergetauchte (plantae submersae). Die von den fadenförmigen, unter Wasser sich verzweigenden Stämmen dieser Gewächse ausgehenden Blätter zeigen eine unendliche Mannigfaltigkeit der Gestalt, sind bald dekussiert, bald in Schraubenlinien gestellt, manchmal breit und den Stengel umfassend, verfallen dann wieder in das andre Extrem, indem sie lange, sehr schmale Bänder und Fäden darstellen, häufig erscheinen sie in sehr feine borstenförmige Zipfel aufgelöst, in andern Fällen sind sie ungeteilt und ganzrandig, wieder in andern Fällen am Rande fein gezähnelt und wellenförmig verbogen (s. Abbildung, S. 515). Alle diese verschiedenen Blattformen hängen mit den Eigentümlichkeiten des Standortes, mit den zu erwartenden Angriffen von seiten der Tiere, mit den Beleuchtungsverhältnissen in verschiedenen Tiefen des Wassers und vorzüglich mit der Richtung des Mittelblattstammes zusammen. Nur in stehenden, ruhigen Wasseransammlungen vermögen die langen, dünnen Stämme eine senkrechte Lage einzuhalten, und nur in den stillen Buchten der Seen und in den tiefen Tümpeln, wo eine lebhafte Bewegung des Wassers ausgeschlossen ist, findet man Arten, deren untergetauchte, in bestimmten Entfernungen geordnete Blätter die Kreisform zeigen. In bewegtem Wasser, zumal in rasch fließenden Bächen, sind die Blätter immer lang ausgezogen, bandförmig, fadenförmig oder in fadenförmige Zipfel gespalten; sie passen sich genau der Strömung an und machen alle Bewegungen, auf und nieder, rechts und links, ohne Nachteil mit. Die Blätter dieser letztern Gewächse zeigen immer eine viel derbere Struktur, die Zellwände sind entsprechend verdickt,

die Stämme sind durch zähe, in die Rinde eingelagerte Bastbündel gegen das Zerreißen geschützt und durch verschiedene andre später noch zu besprechende Einrichtungen zugfest gemacht.

Während die Mittelblattstämme der bisher besprochenen Wasser- und Sumpfpflanzen an ihrem untern Ende durch Wurzeln an dem schlammigen Boden der Seen, Teiche und Bäche festgekettet sind, erhalten sich jene der auf S. 141 abgebildeten Aldrovandie, desgleichen der auf S. 111—114 besprochenen und abgebildeten Wasserschlauchgewächse ohne Spur einer Wurzelbildung flottierend im Wasser. Da die Blätter derselben lichtbedürftig sind, so ist es begreiflich, daß sie sich möglichst nahe unter dem Wasserspiegel ausbreiten. Wenigstens zur Zeit, wenn sie aus der aufgenommenen Nahrung unter dem Einflusse des Lichtes organische Stoffe zum Weiterbaue ihres Stammes und Laubes sowie zur Anlage der Blüten erzeugen, sind sie darauf angewiesen, die am günstigsten beleuchteten Stellen nahe der Oberfläche des Wassers aufzusuchen. Die knospenförmigen Enden der Triebe können allerdings bei manchen Arten zur Winterruhe auf den Grund der Wasseransammlung hinabsinken, aber mit Beginn der günstigen Jahreszeit in der folgenden Vegetationsperiode steigen sie wieder in die Höhe und treiben dann auch Blütenstiele über den Wasserspiegel empor. Für diese flottierenden Gewächse ist es auch mit Rücksicht auf die Beleuchtung der Blätter am vorteilhaftesten, wenn ihre Stämme eine horizontale oder schräg aufsteigende Lage annehmen, was auch thatsächlich bei ihnen beobachtet wird. In fließenden Gewässern wäre für solche wurzellose, in der Flut frei schwebende Pflanzen ein schlechter Platz; sie finden sich auch ausschließlich in den stillen Buchten der Teiche und Seen und in den ruhigen von Binsen und Röhricht umgebenen Tümpeln, wo niemals eine heftige Wallung des Wassers zu besorgen ist.

An ähnlichen Standorten findet man auch die Arten der letzten Gruppe von Pflanzen mit flutendem Stamme, nämlich jene, welche man die schwimmenden (plantae natantes) nennt. Sie unterscheiden sich von den flottierenden insbesondere dadurch, daß ihr grünes Laub und teilweise auch der Stamm dem Wasserspiegel aufliegt und oberseits mit der Luft in Berührung steht oder sich wohl auch über das Wasser erhebt und dann ringsum von Luft umspült wird. Der Stamm schwimmt, ist auf der Oberfläche des Wassers verschiebbar und wird selbst dann, wenn von ihm Wurzeln ausgehen, niemals im schlammigen Untergrunde durch dieselben festgehalten. Hierher gehören von bekanntern Formen mehrere Wasserlinsen (z. B. Lemna polyrrhiza, gibba, minor), deren Stamm eine linsenförmige Gestalt angenommen hat, einer kleinen, auf dem Wasserspiegel schwimmenden Blattscheibe ähnlich sieht und gewöhnlich auch für Laub gehalten und dem entsprechend bezeichnet wird, ferner die zu den Gefäßkryptogamen zählenden Salvinia und Azola, endlich mehrere den tropischen Gewässern angehörige Arten der Gattung Pistia, Pontedera und Desmanthus. Daß die Schwimmfähigkeit der Pontedera crassipes durch großzelliges, luftgefülltes Gewebe in den tonnenförmig aufgetriebenen Blattstielen erhöht wird, fand bereits S. 597 eine Erwähnung. Auch an Desmanthus natans findet sich ein förmlicher Schwimmapparat ausgebildet, doch nicht an den Blattstielen, sondern am Stamme selbst. Es entsteht nämlich bei dieser Pflanze unter der Oberhaut an den dem Wasser auflagernden Stammgliedern ein großzelliges, schwammiges, luftgefülltes Gewebe, welches ein Untersinken unmöglich macht. Die doppeltgefiederten Laubblätter, welche an den Knoten am Ende der Stengelglieder entspringen, erheben sich von dem schwimmenden Stamme wie beflaggte Masten in die Luft. Wenn die Blätter vergilben, entledigen sich die Stämme ihrer Schwimmorgane; sie sind nicht mehr notwendig, ja es scheint sogar von Vorteil, daß die entlaubten Stämme dann untersinken, um in der Tiefe eine Ruheperiode einhalten zu können.

Mehrere Arten aus der letzten Gruppe von Pflanzen mit flutenden Stämmen erinnern lebhaft an solche mit auf dem Erdboden liegendem Stamme. Sie entwickeln an ihren

Stengelknoten Wurzeln, welche sich in die Tiefe senken, und grüne Blätter, die sich zum Sonnenlichte emporheben, und der einzige Unterschied besteht darin, daß in dem einen Falle Wasser, in dem andern Erde die Liegerstatt, beziehentlich die Stütze des Stammes bildet. Manchmal ist selbst diese Grenze verwischt. Wenn nämlich der Wasserstand abnimmt, so sinken die schwimmenden Pflanzen mit dem Wasserspiegel immer tiefer und tiefer, schließlich kommen sie auf den Schlamm zu liegen und sind dann thatsächlich von den auf Moorboden wachsenden Pflanzen mit liegenden Stämmen kaum mehr zu unterscheiden.

Klimmende Stämme.

Wie doch manche Pflanzennamen durch ihren Wohlklang bestrickend auf unsre Einbildungskraft wirken! An das gehörte Wort knüpft sich die Vorstellung der einzelnen Pflanzenform, sofort aber auch das Bild der ganzen Umgebung, in welcher die genannte Pflanze wächst und gedeiht, das Bild der blumigen Wiese, des duftigen Waldes, wo wir uns die Art mit dem wohlklingenden Namen gar nicht anders als in harmonischer Weise eingefügt denken können. Wenn sich mit dem schönlautenden Namen vielleicht noch eine liebe Jugenderinnerung verbindet, wenn der Eindruck wieder lebendig wird, den die lebensvolle Schilderung in einem Buche oder ein herrliches, mit empfänglichem Sinne vor Jahren geschautes Landschaftsbild zurückgelassen, so fällt es fast schwer, an den Gegenstand, welcher den anmutigen Namen trägt, mit dem kritischen Auge des Forschers heranzutreten, mit Maßstab, Wage, Messer, Mikroskop und verschiedenem andern wissenschaftlichen Rüstzeuge zu untersuchen, zu zergliedern, zu klassifizieren und in trocknem Tone zu referieren.

Ich denke hier insbesondere an das Wort Liane. Wenn das schöne Wort anklingt, taucht aus der Dämmerung der Jugenderinnerungen eine ganze Reihe herrlicher Bilder in kräftigen Linien und bunter Farbenpracht empor. Ich sehe über den riesigen Stämmen des Urwaldes, welche gleich Pfeilern eines weiten Hallenbaues emporragen, ein dichtes Laubdach gewölbt, das nur hier und da von dünnen Sonnenstrahlen durchdrungen wird. Im Waldgrunde spärliches Grün aus schattenliebenden, die Leichen gefallener Bäume überkleidenden Farnen und weiterhin wüstes braunes Wurzelwerk, welches das Fortkommen im düstern stillen Grunde fast unmöglich macht. Im Gegensatze zu der unheimlichen Waldestiefe, welch buntes Bild in den Lichtungen und am Saume des Urwaldes! Ein Gewirr aus allen erdenklichen Pflanzenformen böscht sich empor zur dichtesten Hecke, baut sich auf, höher und höher bis zu den Kronen der Baumriesen, so daß der Einblick in die Säulenhallen des Waldinnern gänzlich benommen ist. Da ist die echte und rechte Heimat der Lianen. Alles schlingt, windet und klettert durcheinander, und das Auge bemüht sich vergeblich, zu ermitteln, welche Stämme, welches Laubwerk, welche Blüten und Früchte zusammengehören. Hier flechten und wirken die Lianen grüne Wände und Tapeten vor die Stämme des Waldrandes, dort hängen sie als schwankende Guirlanden oder zu breiten Vorhängen verstrickt von dem Gezweige der Bäume herab, wieder an andrer Stelle spannen sich üppige Gewinde von Ast zu Ast, von Baum zu Baum, bauen fliegende Brücken, ja förmliche Laubengänge mit Spitzbogen und Rundbogen. Einzeln stehende Baumstämme werden durch die Hülle aus verflochtenen Lianen zu grünen Säulen oder noch häufiger zum Mittelpunkte grüner Pyramiden, über deren Spitze sich die Krone schirmförmig ausbreitet. Sind die Lianen zugleich mit den von ihnen als Stütze benutzten Bäumen alt geworden, haben sich ihre alten Stammteile des Laubschmuckes längst entledigt, so erscheinen sie wie Taue zwischen Erde und Baumkrone ausgespannt, und es entwickeln sich dann jene seltsamen Formen, welche mit dem Namen Buschtaue belegt worden sind. Bald straff angezogen, bald

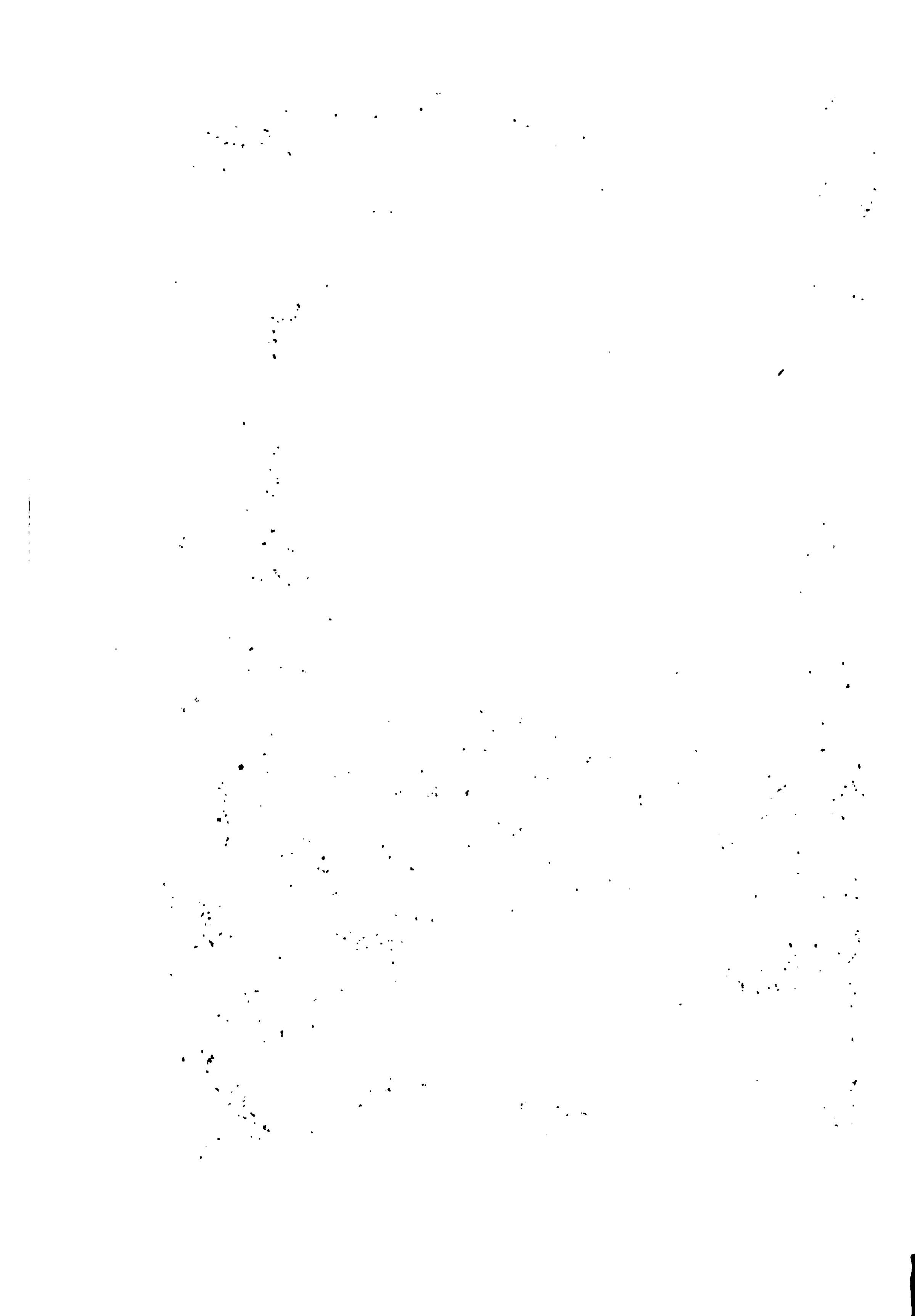
schlaff und schwankend, erheben sie sich aus dem Gestrüppe des Waldgrundes und verlieren und verwirren sich hoch oben in dem Geäste des Baumes. Manche dieser Buschtaue sind wie die Seile eines Kabels verschlungen, andre einem Korkzieher gleich gewunden und wieder andre bandförmig verbreitert, grubig ausgehöhlt oder zu zierlichen Treppen, den berühmten „Affenstiegen", ausgestaltet.

Die grünen Guirlanden, Lauben und Gehänge der Lianen sind geschmückt mit den buntesten Blüten. Hier leuchtet ein Strauß wie eine kleine Feuergarbe empor, dort schwankt eine lange blaue Traube im Sonnenscheine, und hier wieder ist eine dunkle Wand mit Hunderten heller sternförmiger Passiflorenblüten durchstickt. Und wo Blüten prangen und Früchte reifen, fehlt es auch nicht an den Gästen derselben, an dem bunten Volke der Falter und an den fröhlichen Sängern des Waldes, deren liebster Tummelplatz der lianendurchflochtene Waldrand ist.

Es ist auffallend, daß Landschaften, in welchen die Lianen das hervorstechendste Motiv bilden, verhältnismäßig so selten von den Künstlern dargestellt werden. Der Grund mag vielleicht darin liegen, daß solche Landschaften, wenn sie naturgetreu gehalten sind, zu bunt, zu unruhig, zu sehr zerfahren erscheinen, und daß sie, wenn auch reizend in Einzelheiten des Vordergrundes, doch des ruhigen stimmunggebenden Hintergrundes entbehren. Wir sind in der Lage, ein von v. Königsbrunn gemaltes Bild des tropischen, von Lianen durchflochtenen ceylonischen Urwaldes zu bringen, auf welchem insbesondere die Buschtaue und das um die Baumstämme zu grünen Pyramiden verstrickte Geschlinge in charakteristischen Formen hervortreten, und können nicht unterlassen, zu bemerken, daß dieses schöne Bild von dem Künstler sorgfältig nach der Natur ausgeführt wurde (s. die beigeheftete Tafel „Lianen im Urwalde auf Ceylon").

Nach dem bisher über die Lianen Gesagten könnte man glauben, daß diese Pflanzenformen nur den Tropen angehören, was aber unrichtig wäre. Noch in der Umgebung der kanadischen Seen und im Gelände der großen mitteleuropäischen Ströme Donau und Rhein klimmen mehrere Arten der Gattung Clematis, wilde Weinreben, Kletterrosen, Geißblatt, Brombeeren, Menispermeen u. s. f. in die Kronen der Bäume empor, und selbst die Wälder unsrer Voralpen beherbergen noch eine der reizendsten Lianen, nämlich die mit großen blauen glockenförmigen Blumen geschmückte Alpenrebe Atragene alpina. Allerdings nimmt die Zahl der Arten außerordentlich zu, sobald man sich dem heißen Erdgürtel nähert, und es dürfte nicht weit gefehlt sein, wenn die Zahl der Lianen in den Tropenländern auf 2000, jene in den gemäßigten Zonen auf 200 Arten veranschlagt wird. Dem arktischen Gebiete sowie der baumlosen Hochgebirgsregion sind die Lianen fremd; auch die baumlose Steppe kennt keine Lianen. Merkwürdig ist, daß das tropische Amerika nahezu doppelt soviel Schlinggewächse aufweist als das tropische Asien. Den größten Reichtum an diesen Gewächsen zeigen Brasilien und die Antillen.

Von den französischen Antillen stammt auch das schöne Wort Liane, das nunmehr in die meisten Weltsprachen übergegangen ist. Auffallend erscheint, daß dieses Wort in die botanische Kunstsprache niemals aufgenommen wurde. Wir gebrauchen zwar den Ausdruck bei allgemeinen Schilderungen der Pflanzenwelt eines Landstriches, aber in den Beschreibungen der einzelnen Arten wird dasselbe vermieden. Es erklärt sich das daraus, daß man unter Liane im ursprünglichen Sinne nur Schlingpflanzen mit verholzendem, ausdauerndem Stamme verstand, daß es aber auch viele windende, rankende und kletternde Gewächse gibt, welche krautartige Stämme besitzen, und auf welche das Wort Liane nicht recht passen will. Anderseits stimmen doch die Schlinggewächse mit holzigem und jene mit krautigem Stamme in ihrer Lebensweise so sehr überein, daß sie nur zusammen abgehandelt werden können und daher auch zweckmäßig mit einem gemeinsamen Namen





LIANEN IM URWALDE AUF CEYLON.

(Nach der Natur von v. Königsbrunn.)

bezeichnet werden. Wir nennen jetzt alle zusammen, gleichgültig ob holzig oder krautartig, **klimmende Pflanzen** und definieren den klimmenden Stamm (stirps scandens) als denjenigen, welcher nur mit Benutzung fremder Stützen im stande ist, für sein freies Ende in größerer Höhe über den nährenden Boden eine Ruhelage zu gewinnen. Fehlt es dort, wo klimmende Stämme aufwachsen, an jedwedem erhöhten Gegenstande, der als Anhaltspunkt dienen könnte, so wird der Boden selbst für das freie Ende des Klimmstammes zur Stütze; der Stamm streckt sich dann seiner ganzen Länge nach auf die Erde hin, oder er bildet einen nach oben konvexen Bogen, so daß wenigstens sein freies Ende eine Stütze auf dem Boden finden kann, und ein solcher Stamm zeigt dann alle jene Merkmale, welche den liegenden Stamm charakterisieren. In den allerersten Stadien seiner Entwickelung macht dagegen jeder Klimmstamm den Eindruck eines Pfahlstammes, und es wäre schwierig, äußere Merkmale anzugeben, wodurch sich junge Sprosse des einen von jenen des andern unterscheiden. Immer sind die Triebe anfänglich aufrecht und durch ihren innern Bau und insbesondere durch die Turgeszenz bestimmter Zellgruppen befähigt, sich in der aufrechten Lage zu erhalten. Erst wenn sie älter geworden und eine gewisse Höhe erreicht haben, tritt der Typus des klimmenden Stammes hervor, und der Sproß sucht nun für sein freies Ende einen Halt zu gewinnen; er krümmt sich in flachem Bogen über einen in der Nähe befindlichen fremden Körper, schiebt horizontale Äste über vorspringende Kanten des Gesteins oder in die Gabelungen der zur Stütze dienenden Baumäste, sein Ende dreht sich wie der Zeiger einer Uhr im Kreise herum, windet sich um einen aufrechten Pfahl, oder aber er sendet eigne Organe aus, durch welche eine Verbindung und Verschlingung mit dem nächststehenden Gegenstande bewerkstelligt wird. Mit Rücksicht auf dieses verschiedene Verhalten lassen sich die klimmenden Stämme in fünf Gruppen, nämlich in die flechtenden, gitterbildenden, windenden, rankenden und kletternden, einteilen, welcher Einteilung allerdings wie in so vielen ähnlichen Fällen die Bemerkung zugesetzt werden muß, daß sie eine rein künstliche ist, nur den Zweck der Übersichtlichkeit verfolgt, und daß Mittelformen und Übergänge aus der einen in die andre Gruppe in Hülle und Fülle vorhanden sind.

Der flechtende Stamm (stirps plectens) gewinnt in dem Dickichte, in welchem er zur Entwickelung kommt, die Ruhelage seiner Zweige und Blätter auf folgende Weise. Als jugendlicher Sproß wächst er zunächst kerzengerade empor; er hat noch keine Seitenzweige, und auch seine Blätter sind an dem fortwachsenden freien Ende noch klein, aufgerichtet und zu einem Kegel dicht zusammengedrängt. So ist es möglich, daß der junge, saftige und infolge des Turgors straffe Sproß mit seiner Spitze durch die Buchten in den Gabelungen der Äste, ja selbst durch ziemlich enge Lücken und Maschen des Ast- und Zweigwerkes im Dickichte emporkommt, ohne Schaden zu erleiden. Ist sein Längenwachstum abgeschlossen, so entfaltet der Sproß die bisher immer noch zusammengelegten Blätter und treibt Seitenäste, welche unter rechten Winkeln nach allen Richtungen abstehen. Die gipfelständigen, sich im Bogen zurückschlagenden Laubblätter, ebenso wie die rechtwinkelig abstehenden Seitenzweige, welche sich oberhalb der Lücken in dem Gestrüppe entwickelten, bilden jetzt einen guten Widerhalt an den dürren Ästen des Gestrüppes; der schlank emporgewachsene Sproß ist durch sie wie durch Widerhaken aufgehängt, häufig auch förmlich in das Gestrüppe eingeflochten.

Je nach der Gestalt des Widerhaltes lassen sich drei Formen flechtender Stämme unterscheiden. Zunächst die Form der heckenbildenden Sträucher, für welche als Vorbild der Bocksdorn (Lycium) gelten kann. Es ist erstaunlich, wie dessen lange gertenförmige Frühlingssprosse, wenn sie am Rande eines Gehölzes vom Boden emporwachsen, zwischen den sparrigen Verzweigungen andrer Gewächse ihren Weg finden und dann, etwa in der Höhe der untersten Kronenäste eines der Waldbäume, mit dem freien Ende wie aus einer

gebildeten Gestrüppe schlank emporwachsen und dieses dann als Stütze benutzen, wie das besonders bei dem Sauerdorne, Sanddorne und Bocksdorne, dem Pfeifenstrauche, den Rosen, dem Jasmin und der ulmenblätterigen Spierstaude zu sehen ist.

Die den genannten Sträuchern zukommende Fähigkeit, Hecken zu bilden, ist den die Natur scharf beobachtenden Landwirten längst aufgefallen; ein Teil dieser Sträucher wird bekanntlich zur Einfriedung von Grundstücken benutzt, und es werden namentlich aus den dornigen Formen Hecken, sogenannte „lebendige Zäune", gebildet. Auch die Gärtner haben die eigentümliche Wachstumsweise der flechtenden Heckensträucher benutzt, indem sie die schön blühenden Arten knapp neben ein Gerüst aus Pfählen und Latten pflanzen, das dann von den aufwachsenden Sprossen ganz durchflochten wird. Insbesondere benutzt man die sogenannten Kletterrosen zum Überziehen von Spalieren vor den Wänden der Gebäude mit bestem Erfolge, und man kann sehen, wie sie ohne irgend eine Nachhilfe in kurzer Zeit bis zu den Giebeln der Häuser emporkommen. Einige Kletterrosen (z. B. Rosa setigera) haben die bemerkenswerte Eigenschaft, daß ihre neuen Triebe anfänglich die dunkelsten Stellen aufsuchen, mit ihren Spitzen sich vom hellen Sonnenscheine abwenden, den schattigen Winkeln hinter dem Lattenwerke zuwachsen und erst dann, wenn sie ausgewachsen sind, sich in flachen Bogen wieder dem Lichte zuneigen. Es wird dadurch jedenfalls der Vorteil erreicht, daß die anfänglich vom Lichte abgewendeten Sprosse in die Lücken des Gestrüppes und Lattenwerkes hineinkommen, wo sie später, wenn einmal Seitenzweige aus ihnen hervorgegangen sind, einen trefflichen Widerhalt finden.

An die verholzenden flechtenden Stämme, welche an den Heckensträuchern beobachtet werden, reihen sich die nicht verholzenden an, wie sie an mehreren Staudenpflanzen vorkommen. Der jährlich im Beginne der Vegetationszeit aus dem unterirdischen Stammteile hervorwachsende Sproß stirbt im Herbste immer wieder ab, und die oberirdisch zurückbleibenden verdorrten Reste verwesen so rasch, daß sie im darauffolgenden Jahre nur in seltenen Fällen noch als Stütze für die neuerdings aus der Erde emporwachsenden Triebe dienen könnten. Als Vorbild für die flechtenden Staudenpflanzen kann der weitverbreitete Sumpf-Storchschnabel (Geranium palustre) gelten. Die jungen Triebe wachsen zwischen dem Buschwerke inmitten der feuchten Wiesen oder am Rande eines Waldes ziemlich gerade empor, verholzen aber nicht, krümmen sich auch nicht mit dem obern Ende über die stützenden Zweige, entwickeln aber, wenn sie einmal eine gewisse Höhe erreicht haben, sparrig abstehende steife Seitenzweige und langgestielte Blätter, welche sich zwischen das steife abgedorrte Geäst der stützenden Büsche hineinschieben, wodurch dann der ganze Sproß unverrückbar festgehalten wird. Wächst dieser Sumpf-Storchschnabel auf einer Wiese zwischen niedern Kräutern, welche ihm nicht als Stütze dienen können, so knickt der Stengel ein, und der ganze Sproß liegt dann mit seinen untern Stengelgliedern dem Boden auf. Die Enden der Stengelglieder sind knotig verdickt, und es ist daselbst ein turgeszierendes Zellgewebe ausgebildet, durch welches die jüngsten Stengelglieder immer wieder in eine aufrechte Lage versetzt werden, so daß sie gegen die auf dem Boden liegenden ältern Stengelglieder unter einem rechten Winkel gestellt erscheinen. Es ist durch diese Einrichtung der Vorteil erreicht, daß die über den Boden hingestreckten Storchschnabel-Stauben, wenn sie in nicht allzu großer Entfernung von der Stelle, wo sie angewurzelt sind, auf ein festes Gestrüppe treffen, dieses sofort als Stütze benutzen und sich in dasselbe hineinflechten können. In der That sieht man manchmal Stöcke des Geranium palustre mit seinen untersten Stengelgliedern dem Boden aufliegen, während die obern Stengelglieder sowie zahlreiche Seitenäste in einem auf der Wiese stehenden Busche eingeflochten sind und ihre roten Blüten mehr als 1 m hoch über dem Wiesengrunde aus dem Gezweige des als Stütze benutzten Busches hervorschieben. Nach dem Vorbilde dieses Sumpf-Storchschnabels

sind auch noch einige andre Storchschnabelarten (**Geranium nodosum, divaricatum** x.), ferner mehrere Arten von Labkraut und Waldmeister (z. B. **Galium Molugo, Asperula Aparine**), der beerentragende Taubenkropf (**Cucubalus baccifer**), endlich auch der merkwürdige, schildfrüchtige Ehrenpreis (**Veronica scutellata**) ausgebildet. Hierher gehören auch mehrere Spargelarten mit sparrig abstehenden Ästen und fädlichen oder nadelförmigen Phyllokladien, deren jährliche Triebe eine erstaunliche Länge erreichen und sich in die Gabelungen der Äste von Pfahlstämmen einschieben. Insbesondere hervorhebenswert ist in dieser Beziehung der im Gebiete der mittelländischen Flora sehr häufige **Asparagus acutifolius** und der in Kleinasien heimische **Asparagus verticillatus**, deren Stämme nicht selten eine Länge von 3 m erreichen, bis in die Kronen niederer Eichenbäume hinanklimmen und sich dort mit ihren langen, horizontal abstehenden Verzweigungen in das Geäst einflechten.

Die dritte Gruppe der Pflanzen mit flechtenden Stämmen bilden die Rotange, jene seltsamen, durch die fabelhafte Länge ihrer fast gleich dicken Stämme berühmten Palmen, die schon auf S. 336 beschrieben und abgebildet wurden, und von welchen auf S. 635 eine von Selleny auf Java nach der Natur gezeichnete Art vorgeführt ist. Der Stamm aller jungen Rotangpflanzen ist aufrecht, und auch die noch nicht entfalteten Blätter wachsen über der Mitte des Stammes wie ein steifer Stift senkrecht in die Höhe. Wenn sich die Blätter später entfalten und ausbreiten, so krümmen sie sich dabei bogenförmig nach auswärts und legen sich auf die verwirrte Masse aus andern Gewächsen, zwischen welchen die Rotangpflanze gekeimt hat und aufgewachsen ist. Besteht dieser Pflanzenwuchs der nächsten Umgebung nur aus niedern Kräutern und Stauden, so findet der in die Länge wachsende Rotangstamm nicht die ausreichende Stütze, um in der anfänglich eingehaltenen lotrechten Richtung emporwachsen zu können, legt sich auf den Boden und wächst ähnlich wie ein Ausläufer über diesen hin, häufig schlangenförmige Windungen bildend, wie sie das Sellenysche Bild zeigt, immer aber mit dem freien Ende sich emporkrümmend und fort und fort neue Blätter in die Höhe schiebend. Hat sich die Rotangpflanze zwischen hohen Sträuchern und Bäumen entwickelt, oder ist sie bei ihrem oben geschilderten Wachstume im Bereiche eines Gehölzes angelangt, so schiebt sie ihre steifen, zusammengefalteten, stiftartigen jungen Blätter zwischen den untern Ästen der Bäume dieses Gehölzes empor, und indem sich diese Blätter entfalten und bogenförmig auswärts krümmen, werden sie zu einem festen Widerhalte, zu Widerhaken, an welchen der seilartige Stamm oben im Gezweige der stützenden Bäume aufgehängt ist (s. Abbildung, S. 336). Sind die Verhältnisse günstig, so kann der Stamm mit Hilfe seiner neuen, auf immer höhere Äste der Bäume sich auflagernden und festhaltenden Blätter bis zu den Wipfeln der Bäume emporkommen. Manchmal sinkt das freie Ende des Rotangsprosses auch wieder herab, gelangt in die Kronen niederer Bäume, erhebt sich von dort neuerlich zu höhern Wipfeln, und es erreichen solche Stämme dann mitunter ein Längenausmaß, wie es von keiner andern Pflanze bekannt ist. Es liegen beglaubigte Angaben vor, denen zufolge solche Rotangstämme bei einer fast gleichmäßigen Dicke von nur 2—4 cm: 200 m lang geworden sind.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß die meisten, wenn auch nicht alle Gewächse, welche sich in das Dickicht andrer Pflanzen einflechten, mit widerhakigen Dornen, Stacheln und Borsten ausgerüstet sind, die das Festhalten in der einmal erreichten Höhe begünstigen. Der Bocksdorn ist mit horizontal abstehenden Dornen versehen, die Rinde der Stämme sowie die an der untern Blattseite der Rosen und Brombeeren vorspringenden Rippen sind mit sichelförmig nach rückwärts gebogenen Stacheln besetzt, mehrere Labkräuter (z. B. **Galium uliginosum** und **Aparine**) tragen an den Stengelkanten, Blatträndern und Blattrippen kurze, starre, nach rückwärts gerichtete Börstchen, und die Mittelrippe der gefiederten Rotangblätter setzt sich über die grünen Fiederabschnitte in ein langes, gertenförmiges



Rotang auf Java. (Nach einer Zeichnung von Selleny.) Vgl. Text, S. 634.

sind auch noch einige andre Storchschnabelarten (Geranium nodosum, divaricatum x.), ferner mehrere Arten von Labkraut und Waldmeister (z. B. Galium Molugo, Asperula Aparine), der beerentragende Taubenkropf (Cucubalus baccifer), endlich auch der merkwürdige, schildfrüchtige Ehrenpreis (Veronica scutellata) ausgebildet. Hierher gehören auch mehrere Spargelarten mit sparrig abstehenden Ästen und fädlichen oder nadelförmigen Phyllokladien, deren jährliche Triebe eine erstaunliche Länge erreichen und sich in die Gabelungen der Äste von Pfahlstämmen einschieben. Insbesondere hervorhebenswert ist in dieser Beziehung der im Gebiete der mittelländischen Flora sehr häufige Asparagus acutifolius und der in Kleinasien heimische Asparagus verticillatus, deren Stämme nicht selten eine Länge von 3 m erreichen, bis in die Kronen niederer Eichenbäume hinanklimmen und sich dort mit ihren langen, horizontal abstehenden Verzweigungen in das Geäst einflechten.

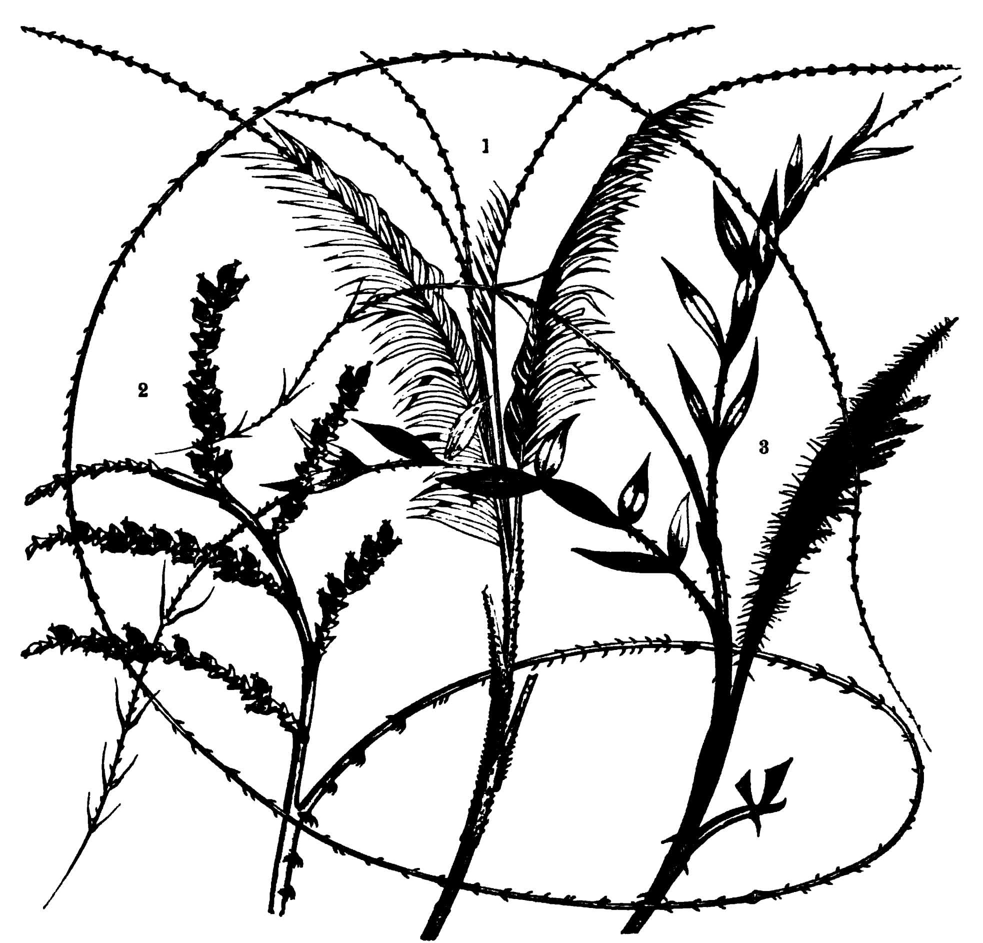
Die dritte Gruppe der Pflanzen mit flechtenden Stämmen bilden die **Rotange**, jene seltsamen, durch die fabelhafte Länge ihrer fast gleich dicken Stämme berühmten Palmen, die schon auf S. 336 beschrieben und abgebildet wurden, und von welchen auf S. 635 eine von **Selleny** auf Java nach der Natur gezeichnete Art vorgeführt ist. Der Stamm aller jungen Rotangpflanzen ist aufrecht, und auch die noch nicht entfalteten Blätter wachsen über der Mitte des Stammes wie ein steifer Stift senkrecht in die Höhe. Wenn sich die Blätter später entfalten und ausbreiten, so krümmen sie sich dabei bogenförmig nach auswärts und legen sich auf die verwirrte Masse aus andern Gewächsen, zwischen welchen die Rotangpflanze gekeimt hat und aufgewachsen ist. Besteht dieser Pflanzenwuchs der nächsten Umgebung nur aus niedern Kräutern und Stauden, so findet der in die Länge wachsende Rotangstamm nicht die ausreichende Stütze, um in der anfänglich eingehaltenen lotrechten Richtung emporwachsen zu können, legt sich auf den Boden und wächst ähnlich wie ein Ausläufer über diesen hin, häufig schlangenförmige Windungen bildend, wie sie das Sellenysche Bild zeigt, immer aber mit dem freien Ende sich emporkrümmend und fort und fort neue Blätter in die Höhe schiebend. Hat sich die Rotangpflanze zwischen hohen Sträuchern und Bäumen entwickelt, oder ist sie bei ihrem oben geschilderten Wachstume im Bereiche eines Gehölzes angelangt, so schiebt sie ihre steifen, zusammengefalteten, stiftartigen jungen Blätter zwischen den untern Ästen der Bäume dieses Gehölzes empor, und indem sich diese Blätter entfalten und bogenförmig auswärts krümmen, werden sie zu einem festen Widerhalte, zu Widerhaken, an welchen der seilartige Stamm oben im Gezweige der stützenden Bäume aufgehängt ist (s. Abbildung, S. 336). Sind die Verhältnisse günstig, so kann der Stamm mit Hilfe seiner neuen, auf immer höhere Äste der Bäume sich auflagernden und festhaltenden Blätter bis zu den Wipfeln der Bäume emporkommen. Manchmal sinkt das freie Ende des Rotangsprosses auch wieder herab, gelangt in die Kronen niederer Bäume, erhebt sich von dort neuerlich zu höhern Wipfeln, und es erreichen solche Stämme dann mitunter ein Längenausmaß, wie es von keiner andern Pflanze bekannt ist. Es liegen beglaubigte Angaben vor, denen zufolge solche Rotangstämme bei einer fast gleichmäßigen Dicke von nur 2—4 cm: 200 m lang geworden sind.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß die meisten, wenn auch nicht alle Gewächse, welche sich in das Dickicht andrer Pflanzen einflechten, mit **widerhakigen Dornen, Stacheln und Borsten** ausgerüstet sind, die das Festhalten in der einmal erreichten Höhe begünstigen. Der Bocksdorn ist mit horizontal abstehenden Dornen versehen, die Rinde der Stämme sowie die an der untern Blattseite der Rosen und Brombeeren vorspringenden Rippen sind mit sichelförmig nach rückwärts gebogenen Stacheln besetzt, mehrere Labkräuter (z. B. Galium uliginosum und Aparine) tragen an den Stengelkanten, Blatträndern und Blattrippen kurze, starre, nach rückwärts gerichtete Börstchen, und die Mittelrippe der gefiederten Rotangblätter setzt sich über die grünen Fiederabschnitte in ein langes, gertenförmiges



Rotang auf Java. (Nach einer Zeichnung von Selleny.) Vgl. Text, S. 634.

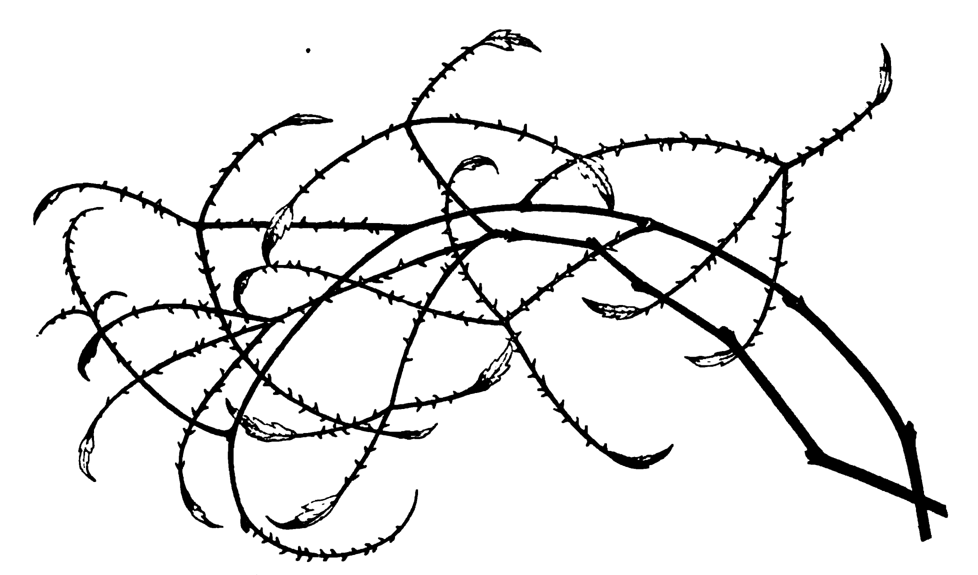
Gebilde fort, welches mit Widerhaken der mannigfaltigsten Art besetzt ist. Die untenstehend eingeschaltete Abbildung dreier Rotangarten zeigt die auffallendsten Formen dieser sonderbaren Blätter. An der einen Art (Fig. 1) ist die Blattspindel vorn in gleichen Abständen mit Gruppen von kleinen, aber sehr spitzen Widerhaken besetzt, an der zweiten Art (Fig. 2) entbehren die obersten Blätter gänzlich der grünen Fiederabschnitte und tragen nur klauenartige, mannigfaltige Widerhaken, und an der dritten (Fig. 3) finden sich neben kleinen



Wipfel von drei Rotang-Arten: 1. Daemonorops hygrophilus. — 2. Calamus extensus; mit Blütenrispe. — 3. Desmoncus polyacanthus; sehr verkleinert.

Zäckchen große, lange, sehr spitze, rückwärts gerichtete Stacheln an dem vordern Teile des Blattes, und es macht dieser Teil ganz und gar den Eindruck einer Harpune. Wenn man diese widerhakigen Gebilde sieht und noch berücksichtigt, daß die Rotangblätter ungemein zähe sind, so begreift man, wie fest sich die Kronen der Rotange in den Baumwipfeln festankern, und wie schwer es den Rotangsammlern wird, derartige wie mit Harpunen eingehakte Gewächse aus den Baumwipfeln, deren Gezweige sie durchflechten, herabzuziehen. Infolge des Zuges, den die Rotangsammler an den langen, seilartigen Stämmen ausüben, brechen viel eher die dürren Äste der stützenden Bäume, als daß die Blätter zerreißen, und wenn diese Äste sehr biegungsfest sind, gelingt es überhaupt nicht, selbst durch den kräftigsten Zug, den mehrere Personen ausüben, die Rotange aus ihrer Verankerung zu lösen.

Eine durch ungewöhnlich reichliche Ausbildung widerhakiger Stacheln ausgezeichnete Pflanze, die hier noch besonders erwähnt zu werden verdient, ist die untenstehend abgebildete neuseeländische Brombeere Rubus squarrosus. Jedes Blatt derselben teilt sich in drei nur an der Spitze mit einer kleinen Spreite besetzte Teile, und sowohl der Blattstiel als diese drei Teile sind ihrer ganzen Länge nach grün und mit gelben, sehr spitzen Stacheln besetzt, die sich so fest in die durchflochtenen Stauben und Sträucher einhaken, daß ein ganz unentwirrbarer Knäuel entsteht. Endlich ist hier auch noch jener Pflanzen zu gedenken, bei welchen der Widerhalt durch die spitzen Zähne des Blattrandes unterstützt wird. Dahin gehören insbesondere mehrere tropische Pandaneen mit langen, dünnen, an Rotang erinnernden Stämmen und auch ein unscheinbarer kleiner Ehrenpreis, der auf feuchten Wiesen im mittlern Europa heimisch ist und sich dort mit seinem dünnen, schwachen Stengel zwischen die andern derbern aufrechten Sumpfpflanzen einflechtend über den Boden erhebt.



Zweige der neuseeländischen Brombeere Rubus squarrosus.

Dieser Ehrenpreis (Veronica scutellata) hat lange, schmale Blätter, welche im Zuschnitte fast an jene der tropischen Pandanus erinnern. Gleich diesen sind sie im jugendlichen Zustande aufrecht und über der lotrecht in die Höhe wachsenden Stammspitze paarweise zusammengelegt. Bei dem Weiterwachsen der Stammspitze werden sie in die Lücken des aus Halmen und abgedorrtem Laube gebildeten Gewirres der andern in unmittelbarer Nachbarschaft stehenden Gewächse eingeschoben und emporgehoben, schlagen sich dann von der Stengelspitze, der sie bisher angelagert waren, zurück, nehmen eine horizontale Lage an und bilden nun auf andern Pflanzenteilen auflagernd einen guten Widerhalt. Während die Sägezähne des Blattrandes bei den übrigen Ehrenpreisarten mit ihren Spitzen nach vorn stehen, erscheinen sie hier seltsamerweise nach rückwärts, beziehentlich nach abwärts gegen den Boden gerichtet, und es wird dadurch der Widerhalt, den diese Blätter bilden, noch wesentlich gefördert. Bei diesem Ehrenpreise haben die rückwärts gerichteten Zähne des Blattrandes sicherlich keine andre Bedeutung als die des Festhäkelns, in vielen andern der oben erwähnten Fälle kommt aber den spitzen Zähnen, Stacheln und Dornen auch noch die Aufgabe zu, das Laub oder auch die Blüten und Früchte gegen Tiere, welche nahrungsuchend über die Stämme emporklettern möchten, zu schützen.

Der gitterbildende Stamm (stirps clathrans) windet nicht, hat auch keine besondern Kletterorgane und kommt doch, an Felswände oder Baumstrünke angelehnt, allmählich zu Höhen empor, welche er ohne diese Stützen nicht zu erreichen im stande wäre. Er verkleidet seine Stützen mit Zweigen, welche zusammengenommen ein festes Gitterwerk darstellen, erinnert noch am meisten an gewisse flechtende Klimmstämme, unterscheidet sich aber von diesen dadurch, daß sein Emporkommen weder durch sparrige, abstehende Seitenäste noch durch bogenbildende Sprosse, noch auch durch zurückgeschlagene Laubblätter vermittelt wird. In den Floren der gemäßigten Zonen kommt er verhältnismäßig nur selten zur Entwickelung. Das auffallendste Beispiel aus diesem Gebiete ist wohl die kleine zierliche Wegdornart, welche den Namen Rhamnus pumila führt, und die in den Voralpen von der Schweiz bis Steiermark hier und da die steilen Kalkfelsen mit ihrem Gitterwerke überkleidet. Sieht man von einiger Entfernung auf eine abstürzende, mit diesem Wegdorne überwachsene Felswand, so glaubt man, es sei Epheu, dessen Stämme mit Haftwurzeln emporkletternd sich ausgebreitet haben. Das Laub zeigt nämlich dasselbe dunkle Grün und hat auch nahezu dieselbe Größe wie jenes des Epheus; aber bei näherer Betrachtung erkennt man leicht, daß der Zuschnitt des Laubes, die Verteilung der Stränge in den Spreiten, endlich auch die Gruppierung der Blüten und Früchte eine ganz andre ist, und, was hier besonders ins Gewicht fällt, daß die vielverzweigten holzigen Stämme, welche der Felswand anliegen, keine Haftwurzeln haben. Was noch besonders auffällt, ist der Umstand, daß die ältern Stämme in die Ritzen des Gesteines förmlich eingezwängt, und daß die Äste ungemein brüchig sind. Bei unvorsichtigem Angreifen splittern dieselben, fallen zu Boden, und nur wenn man sehr behutsam vorgeht, gelingt es, einen größern Stamm mit allen seinen Verzweigungen von der Felswand abzulösen. Man gewinnt die Überzeugung, daß diese Pflanze ohne die stützende Hinterwand schon darum zu Grunde gehen müßte, weil bei dem ersten kräftigen Anpralle eines Sturmes die spröden Zweige abbrechen und nach jedem Gewitter der Busch ganz verstümmelt werden würde.

Der eigentümliche Bau und die Wachstumsweise dieses Wegdornes erklären alle diese auffallenden Erscheinungen. Die dem Weichbaste nach außen zu aufgelagerten Stränge aus faserförmigem Hartbaste, welche die Biegungsfestigkeit der jungen Zweige unsrer Bäume bedingen, die durch einen Windstoß gebogenen Zweige in ihre Ruhelage wieder zurückbringen und eine Knickung derselben verhindern, fehlen hier. Man sieht in Mitte der Zweige einen Holzcylinder, rings um denselben Stränge aus Weichbast und diesem ein sehr voluminöses Bastparenchym, aber nur sehr wenige zähe Hartbastfasern angelagert. Auch die weitern nach außen folgenden Schichten werden aus parenchymatischen Zellen zusammengesetzt, welche zwar einen Schutz des Weichbastes gegen seitlichen Druck bieten, aber nichts zur Biegungsfestigkeit der Zweige beitragen. Da ist es begreiflich, daß die Zweige leicht abbrechen! Und daß sie an ihren Ursprungsstellen, d. h. dort, wo sie aus einem ältern Aste hervorgehen, am leichtesten splittern, erklärt sich daraus, daß dort der Holzcylinder am schwächsten ist. Ebenso merkwürdig wie der Bau ist auch die Wachstumsweise der Zweige. Wenn im Frühlinge aus den Laubknospen belaubte Sprosse werden, so wachsen diese nicht dem Lichte entgegen, wie das bei der großen Mehrzahl der Pflanzen, namentlich bei Holzgewächsen, der Fall ist, sondern wenden sich vom Lichte ab, suchen die Dunkelheit auf, krümmen sich sogar um Felsvorsprünge in beschattete Winkel und Aushöhlungen und wachsen insbesondere den dunkeln Spalten und Ritzen in der Steinwand zu. Ist diese eine Strecke weit nicht zerklüftet, sondern glatt und eben, so legen sich die wachsenden längern Triebe immer dicht an dieselbe an und erscheinen dann auch geradlinig; sobald aber wieder eine Kluft erreicht ist, krümmt sich der Trieb sofort um die Ecke in die Kluft hinein, wächst also in ähnlicher Weise, wie sonst die Wurzeln zu wachsen pflegen (s. S. 81).

Während bei andern Sträuchern die jungen wachsenden Sprosse, welche aus einem vorjährigen verholzten Zweige hervorgehen, sich aufwärts richten, kommt es hier häufig vor, daß die Richtung nach abwärts eingeschlagen wird. Für das Einschlagen dieser Richtung ist in dem betrachteten Falle die Belastung durch das an den Sprossen sich entfaltende Laub und überhaupt die Zunahme des Gewichtes nicht als ursächliches Moment anzusehen; denn nicht selten entspringen von einem und demselben in horizontaler Richtung längs der Felswand hinlaufenden Zweige knapp nebeneinander gleichgestaltete, gleichbelaubte und gleichschwere Sprosse, von welchen ein Teil nach abwärts, ein andrer Teil aber nach aufwärts wächst.

Bei dieser Wachstumsweise ist es unvermeidlich, daß sich die Verzweigungen mitunter auch kreuzen, und daß ein förmliches Gitterwerk entsteht, welches der Felswand anliegt. Verwachsungen der sich kreuzenden und übereinander liegenden Stämme habe ich an dem besprochenen Wegdorne niemals beobachtet, wohl aber kommt es häufig vor, daß die jüngern Zweige, welche sich quer über die ältern legen, diesen fest angepreßt sind, so daß sie nach dem Ablösen größerer Zweigpartien von den Felswänden noch miteinander verbunden bleiben.

Solche umfangreiche Zweiggitter machen ganz und gar den Eindruck eines Wurzelgeflechtes, das sich über einen Felsblock ausgebreitet hat, namentlich wird man an die merkwürdigen gitterförmigen Wurzelbildungen gewisser tropischer Feigenbäume erinnert, auf welche später noch die Rede kommen wird. Auch insofern wird man versucht, die ältern Stämme der **Rhamnus pumila** für Wurzeln zu halten, als man sie häufig in den Ritzen und Spalten der Felsen eingebettet sieht, welche Erscheinung auf folgende Weise zu stande kommt. Wenn der sich entwickelnde lichtscheue Sproß einen dunkeln Spalt mit seiner Spitze erreicht hat, so wächst er begreiflicherweise in der Richtung dieses Spaltes fort und fort und schmiegt sich in denselben, soweit es sein Laub gestattet, ein. Der Sproß verliert im Herbste sein Laub und verholzt, sendet im nächsten Jahre neue Sprosse aus, erhält sich aber lebendig, nimmt an Umfang zu, bildet alljährlich eine neue Lage von Holzparenchym und Holzfasern und wird im Laufe der Jahre allmählich so dick, daß er den ganzen Felsspalt ausfüllt, dann gerade so aussieht wie eine Wurzel, welche sich in die Felsenritze eingezwängt hat.

Auf ganz andre Weise als an dem merkwürdigen die Felswände übergitternden Wegdorne findet die Gitterbildung bei den tropischen Clusiaceen statt, von welchen auf S. 640 eine Abbildung eingeschaltet ist. Die jungen Stämme der Clusiaceen wachsen aufrecht und benutzen mit Vorliebe Baumstrünke, namentlich jene von Palmen, als Stütze und zwar so, daß sie sich an dieselben anfänglich nur leicht anlegen, gewissermaßen anlehnen. Alle Sprosse dieser Clusiaceen sind dick und mit gegenständigen, lederigen Blättern besetzt; sie bleiben sehr lange Zeit grün, sind selbst dann, wenn sich aus den Blattachseln der aufrechten Stammglieder spreizende gegenständige Seitentriebe entwickelt haben, noch nicht verholzt, und es kommt aus ihnen bei Verletzung der Rinde ein klebriger dicker, dem Gummigutt ähnlicher Saft zum Vorscheine. Die Blätter haben ein so großes Gewicht, daß sich unter ihrer Last die spreizenden Seitenzweige neigen, bogenförmig überhängend werden, ja mitunter sogar lotrecht herabsinken. Da ist es unvermeidlich, daß sich so manche dieser Seitenzweige kreuzen, miteinander in Kontakt kommen, und daß an den Berührungsstellen die Oberhaut durch Reibung verletzt wird. An solchen Stellen aber findet eine wirkliche Verwachsung der sich berührenden Zweige statt, und indem sich dieser Vorgang mehrfach wiederholt, entsteht ein Gitterwerk, wie es die Abbildung auf S. 640 zeigt. Die einzelnen Stammstücke sind zwar noch immer weich und biegsam; aber in der angegebenen Weise gitterförmig verschränkt und gegenseitig gestützt, besitzt die Gesamtheit derselben eine Tragfähigkeit, welche ausreicht, daß die aufrechten Hauptsprosse entlang der umgitterten Stütze höher und höher emporkommen können. Von vielen ältern Stammgliedern entwickeln sich überdies noch seilförmige Luftwurzeln, welche sich zur Erde herabsenken, und die an jenen

Stellen, wo sie miteinander in Berührung kommen, gleichfalls verwachsen. Da sich diese Luftwurzeln in der Farbe von den grau gewordenen Stammteilen kaum unterscheiden, ist man bei Betrachtung älterer Clusiaceen kaum im stande, auf den ersten Blick zu erkennen, was Stamm und was Wurzel ist. Hat eine der Clusiaceen den jungen Stamm einer Palme in der angegebenen Weise mit ihrem Gitterwerke umfangen, und wächst der Strunk dieser



Palmenstrunk, von den gitterbildenden Stämmen einer Clusiacee (Fagraea obovata) als Stütze benutzt. Vgl. Text, S. [illegible]

Palme in die Dicke, so erscheint dann das Gitterwerk fest an jenen angepreßt. Manche Zweige der Clusia sterben infolge des Druckes ab, aus andern ältern Stummeln kommen aber neue belaubte Triebe hervor, welche die früher beschriebene Wachstumsweise wiederholen, und deren Seitenzweige sich wieder zu Gittern verschränken können. An manchen Clusiaceen verflachen die anliegenden Stämme und liegen dann als dicke Gurten der Unterlage auf; auch neue Luftwurzeln entwickeln sich bald hier, bald dort aus den ältern Stammgliedern, und so entsteht nach und nach ein unentwirrbares Gitterwerk, welches den

Palmenstrunk ringsum so dicht umkleidet, daß von dem Strunke selbst gar nichts mehr zu sehen ist. An den Ufern des Rio Guama in Brasilien sah Martius ganze Reihen der Macauba-Palme (Acrocomia sclerocarpa) mit Clusia alba überzogen. Die Clusia bildete um jeden der 10 m hohen Palmstrünke ein ringsum geschlossenes Rohr, welches Laub und Blumen trug, und aus dessen Ende die erhabene Palmenkrone hervorragte.

Der windende Stamm (stirps volubilis) gelangt dadurch in die Höhe, daß er sich an aufrechte Stützen anlegt und sich um diese entlang einer Schraubenlinie emporwindet. Als Stütze dienen in der freien Natur entweder Pfahlstämme oder auch die Stämme andrer klimmender Gewächse. In Gärten benutzt man auch Stäbe, Schnüre und Drähte, wenn man Wände oder Spaliere mit windenden Pflanzen überkleiden will. Man überzeugt sich leicht, daß selbst sehr feine Fäden als Stütze vortrefflich brauchbar, dicke Pfähle und umfangreiche Baumstrünke dagegen zu diesem Zwecke nicht geeignet sind. Für einjährige windende Stämme sind Pfähle im Durchmesser von 20 bis 25 cm schon zu dick, als daß sie noch umschlungen werden könnten. Jene ausdauernden und verholzenden windenden Stämme, welche man Lianen nennt, findet man mitunter um Säulen von 30 bis 40 cm Durchmesser gewunden, so z. B. jene der Glycine Chinensis in den Laubengängen des Parkes von Miramare bei Triest und jene von Ruscus androgynus im Garten von Kew bei London. In tropischen Gegenden sieht man selbst an Baumstämmen, welche eine Dicke von 40 bis 50 cm besitzen, windende Pflanzen sich emporziehen; es ist aber in diesen Fällen sehr wahrscheinlich, daß der Baumstamm zur Zeit, als er umwunden wurde, die angegebene Dicke noch nicht besessen hatte und dieselbe erst später erlangte. Freilich kann das nur unter besondern günstigen Verhältnissen geschehen; denn die meisten ausdauernden, holzig gewordenen schlingenden Stämme vertragen keine starke Zerrung und Längenausdehnung, und eine solche müßte doch jedesmal erfolgen, wenn das Bäumchen, um dessen Strunk eine ausdauernde Schlingpflanze eine verholzende Schlinge gelegt hat, stark in die Dicke wachsen würde. Die windenden Stämme der auf S. 149 abgebildeten Lonicera werden nach erfolgter Verholzung zuverlässig nicht mehr länger, wirken daher auch wie eine Drosselschlinge auf den im kräftigsten Dickenwachstume befindlichen jungen Baumstamm, sind auch im stande, ihn zu strangulieren und das Absterben desselben zu veranlassen. Ist der abgestorbene Stamm, welcher zur Stütze für die Liane gedient hatte, gegen Witterungseinflüsse nicht sehr widerstandsfähig, und tritt nach kurzer Zeit eine Vermoderung desselben ein, so kann es vorkommen, daß die Stütze zerbröckelt, in Moder und Staub zerfällt und von den Winden fortgeweht wird, während die widerstandsfähigere Liane erhalten bleibt, so daß dann innerhalb der Windungen des strangulierenden Lianenstammes keine Spur mehr von der Stütze zu sehen ist. So manche Liane des tropischen Waldes scheint im jugendlichen Zustande irgend eine lebende Pflanze mit mäßig dickem aufrechten Stamme als erste Stütze benutzt zu haben und über diese in die Kronen höherer Bäume emporgekommen zu sein; nachträglich ist die erste untere Stütze zu Grunde gegangen, während die dem obern Teile der Liane zur Stütze dienenden Baumzweige noch lebenskräftig blieben und einen guten Halt bildeten.

Zwischen diesen obern Baumzweigen und dem Boden erscheint dann ein aufrechter, korkzieherförmig gewundener, stützenloser Lianenstamm ausgespannt, der sich seltsam genug ausnimmt und in seiner absonderlichen Form nur noch von den später zu besprechenden gewundenen Stämmen der Bauhinien und den Affenstiegen übertroffen wird. Wenn der zur Stütze benutzte junge Pfahlstamm sich nicht strangulieren läßt, wenn er fester und kräftiger ist als der ihn umwindende Stamm, so wird später, wenn beide in die Dicke wachsen, der letztere unterliegen; die Schlingen, welche sich um den jungen Pfahlstamm herumlegen, werden zunächst straffer gespannt, und es sind manche Einrichtungen getroffen, welche es verhindern, daß die Spannung sofort nachteilig auf die Bewegung der Säfte im

Innern des gewundenen Lianenstammes einwirkt, bei noch stärkerm Dickenwachstume des druckfesten Pfahlstammes wird aber die Zerrung, welche die Schlingen erfahren, so stark, daß ein Absterben der Liane erfolgt. In Vermoderung übergegangen, leisten ihre Schlingen dem sich noch fort und fort verdickenden Pfahlstamme keinen Widerstand mehr und werden zerrissen und zerfasert. Aus alledem geht hervor, daß es für ausdauernde und verholzende windende Stämme nichts weniger als vorteilhaft ist, wachsende Pfahlstämme als Stütze zu benutzen, und es wird auch begreiflich, warum man alte dicke Bäume selbst im tropischen Walde niemals von den Stämmen windender Pflanzen umschlungen sieht. Aber auch für jene Gewächse, deren windende Stämme nur einen Sommer durchleben und nach Ausbildung der Samen entweder ganz zu Grunde gehen, wie jene des windenden Knöteriches (Polygonum Convolvulus), oder bis zu dem unterirdischen Stammteile absterben, wie jene des Hopfens (Humulus Lupulus), wäre es kein Vorteil, wenn sie dicke aufrechte Baumstämme umwinden würden. Solche Gewächse, welche darauf angewiesen sind, im Laufe eines kurzen Sommers Stamm und Blätter zu entwickeln und mit Hilfe des grünen Laubes die zur Ausbildung der Blüten und Früchte und insbesondere der zur Füllung der Speicher in den zahlreichen Samen nötigen Stoffe zu erzeugen, müssen so rasch wie möglich und auf dem kürzesten Wege von dem Erdboden zur sonnigen Höhe emporkommen. Das gelingt ihnen am besten, wenn ihre Stämme einen dünnen Faden als Stütze benutzen, aber durchaus nicht, wenn sie einen dicken Baumstamm umwinden. Der Weg um einen dicken Strunk wäre viel zu lang, und das zum Aufbau so weitschweifiger Windungen notwendige Material wäre überflüssig verschwendet, was der Ökonomie der Pflanzen ganz und gar widersprechen würde. Das ist nun freilich nicht so gemeint, daß windende Pflanzen die Fähigkeit besitzen, die zusagendste Stütze aufzusuchen oder aus mehreren Stützen die passendsten auszuwählen; die Wahlfähigkeit ist immer nur eine scheinbare, und wenn die Stämme des Hopfens sich niemals um Pfähle winden, die dicker als 10 cm sind, so kommt das nicht daher, daß der Hopfensproß im vorhinein das Unzweckmäßige weiter Windungen zu erkennen vermöchte, sondern ist dadurch begründet, daß ihm die Fähigkeit abgeht, in so weitschweifigen Schraubenlinien sich fest an den Stamm anzulegen. Damit kommen wir aber auch zur Schilderung des Anlegens und **Windens der Stämme**, soweit dieser Vorgang der Beobachtung zugänglich ist.

Gleich den flechtenden und gitterbildenden Stämmen wachsen die windenden Stämme anfänglich lotrecht in die Höhe. Die untersten Stengelglieder bleiben auch später noch aufrecht, mögen die über ihnen sich ausbildenden höhern Stengelglieder was immer für Schicksale erfahren. Nachdem sich die genügende, je nach der Art wechselnde Zahl aufeinander folgender Sproßglieder ausgebildet hat, beugen sich die obersten derselben seitlich über, und der ganze Sproß besteht nun aus einem untern aufrechten, im Boden gefestigten und einem obern im Bogen übergeneigten, frei endigenden Teile. Der untere Teil bildet einen ruhigen und feststehenden Träger, der obere seitlich gebogene, in der Luft schwebende Teil führt aber Bewegungen aus, die zum Zwecke haben, das freie Ende in einem Kreise oder in einer Ellipse herumzuführen. Man hat diese Bewegung des schwebenden Sproßteiles mit jener des Zeigers einer Uhr verglichen; noch besser ließe sich dieselbe mit der Bewegung einer biegsamen Gerte oder einer Peitsche, welche jemand mit der Hand über den Kopf hält, und deren Ende er in kreisende Bewegung versetzt, vergleichen. Sie ist natürlich nicht so rasch wie jene der kreisenden obern Hälfte der Gerte, vollzieht sich aber immerhin mit einer Schnelligkeit, welche den Beobachter in Erstaunen setzt. Bei warmem Wetter macht das schwebende, kreisende Ende des Hopfens (Humulus Lupulus) einen Umlauf durchschnittlich innerhalb 2 Stunden und 8 Minuten, die windende Bohne (Phaseolus communis) innerhalb 1 Stunde und 57 Minuten, der Windling (Convolvulus) innerhalb 1 Stunde und 42 Minuten, die japanische

Akebia quinata innerhalb 1 Stunde und 38 Minuten und der Grammatocarpus volubilis innerhalb 1 Stunde und 17 Minuten. Da diese Umläufe sich an ziemlich langen Sproßteilen vollziehen, so kann man sie ähnlich wie die Umläufe des Zeigers einer Uhr mit freiem Auge sehen, zumal dann, wenn man bei Sonnenschein unterhalb des übergebogenen Teiles an dem Sprosse einen Kragen aus weißem Papier anbringt; man sieht dann den Schatten des schwebenden Teiles ähnlich dem Zeiger auf dem Zifferblatte langsam, aber deutlich auf der Papierfläche vorwärts rücken. Bei andern windenden Pflanzen erfolgt das Fortrücken allerdings viel langsamer, und manche derselben brauchen 24, ja selbst 48 Stunden zu jedem Umlaufe.

Da an den meisten windenden Stämmen gleichzeitig mit dem Kreisen des freien Endes auch eine Drehung der langgestreckten Faserbündel an der Peripherie des Stammes stattfindet, so glaubte man früher, daß durch diese Drehung auch die kreisende Bewegung veranlaßt werde. Die sorgfältigsten neuern Untersuchungen haben aber ergeben, daß dem nicht so ist. Das Kreisen erfolgt unabhängig von der Drehung, und es gibt windende Stämme, bei welchen eine Drehung der Faserbündel überhaupt gar nicht vorkommt.

Hält man an dem Vergleiche mit der Bewegung einer im Kreise geschwungenen Gerte fest, so ergibt sich auch die richtigste Vorstellung von der in Rede stehenden kreisenden Bewegung der Sproßenden. Wenn die Gerte, welche man sich am besten als cylindrischen Körper denkt, dessen Peripherie von zahlreichen geraden, mit der Achse des Cylinders parallel laufenden Linien der Länge nach gestreift ist, ihre Bewegung beginnt, so entsteht zunächst eine seitliche Ausbiegung; an der konkav werdenden Seite erfolgt eine Verkürzung, an der konvex werdenden Seite eine Verlängerung, und es wird sich an der konkaven Seite eine Druckspannung, an der konvexen Seite eine Zugspannung geltend machen. Die Gegensätze dieser Spannung werden im gegebenen Augenblicke entlang zweier an der Peripherie der Gerte hinauflaufender, gegenüberliegender Linien am größten sein, im nächsten Augenblicke aber ist diese größte Spannung auf die benachbarten gegenüberstehenden Linien übergegangen, und indem so die größte Spannung an der Peripherie der Gerte fortschreitet und nacheinander alle Linien betrifft, erfolgt eben jene merkwürdige Kreiselbewegung des freien Gertenteiles, die ganz den Eindruck des Drehens macht, mit welcher jedoch thatsächlich nur eine Biegung nach allen Seiten der Windrose, aber durchaus keine wirkliche schraubige Drehung verbunden ist. Man kann diese Bewegung übrigens auch an jeder am Boden befestigten Gerte und überhaupt an jedem biegsamen Sprosse in der Weise zur Anschauung bringen, daß man die Spitze derselben nacheinander nach allen Weltgegenden hinbiegt und so die Spitze einen Kreis beschreiben läßt, wobei man sich leicht überzeugt, daß infolge dieser aufeinander folgenden allseitigen Biegungen, die man Zirkumnutation genannt hat, keine schraubige Drehung in dem Gewebe des Sprosses erfolgt.

Wir müssen uns nun die Frage stellen, was wohl den Stamm veranlassen mag, sich in der obgedachten Weise nach allen Seiten hinzubiegen, was die Zellen entlang der einen Linie an diesem Stamme veranlassen mag, sich zu verlängern, an der andern, sich zu verkürzen und in diese Verlängerung und Verkürzung nacheinander alle peripheren Längsreihen einzubeziehen. Einseitiger Druck von außen, der sonst so häufig Krümmung bedingt, ist hier als Ursache ebensowenig nachzuweisen wie einseitige Beleuchtung, welch letztere bekanntlich gleichfalls eine Krümmung der mit Laubblättern besetzten Stämme gegen das einfallende Sonnenlicht veranlaßt. Wenn man sieht, daß die jungen Zweige von Buchen unter der Last der Blätter überhängend werden, so könnte auch an eine Erklärung durch die Schwerkraft gedacht werden. Aber wie soll man durch die Schwerkraft das rätselhafte Fortschreiten der Biegung nach allen Richtungen der Windrose erklären, und das ist es ja vor allem, was uns hier interessiert und was begründet werden soll. Man hat das Phänomen auch mit dem Wachstume in Verbindung gebracht und gesagt, es werde dasselbe

dadurch hervorgerufen, daß die verschiedenen Längslinien am Umfange des Sprosses fortschreitend stärker in die Länge wachsen als die ihnen gegenüberliegenden Seiten. Aber auch angenommen, es wäre das Ganze nur eine Erscheinung des Wachstumes, was gewiß nicht der Fall ist, da manche Sprosse kreisende Umgänge machen, ohne dabei den geringsten Zuwachs zu zeigen, so würde immer wieder die Frage auftauchen, wieso es kommt, daß das stärkere Wachstum von einer Längslinie auf die andre übergeht.

Das Nächstliegende bei einem Erklärungsversuche ist wohl, an ähnliche Erscheinungen anzuknüpfen, bei welchen die Verhältnisse viel einfacher liegen, und wo die Einsicht in dieselben weder durch das gleichzeitige Wachstum noch durch die gleichzeitige schraubige Drehung getrübt wird. Als solche Erscheinungen aber können die kreisenden Bewegungen der Protoplasmafäden, an den schwimmenden Schwärmsporen die kreisenden Bewegungen der aus scheibenförmigen Zellen aufgebauten und mit Geldrollen vergleichbaren Fäden der Oscillarien und die ähnlichen Bewegungen der geißelförmigen Fäden der zahlreichen Arten von Dasyactis und Euactis angesehen werden. Welche Zwecke mit diesen Bewegungen erreicht werden, mag hier unberührt bleiben; so viel ist gewiß, daß in dem einen Falle Protoplasmafäden, in dem andern Falle einfache Zellenreihen bei der kreisenden Bewegung jenen fortschreitenden Spannungsgegensatz zeigen, welcher vordem an der im Kreise geschwungenen Gerte erkannt wurde, und daß die Verlängerung auf der einen und die Verkürzung auf der andern Seite bei allen diesen fadenförmigen Gebilden nicht durch einen direkten äußern Anstoß erfolgt. Es können daher dieser Verlängerung und Verkürzung, diesem rätselhaften Fortschreiten der Biegung nach allen Punkten eines Umkreises nur innere Ursachen zu Grunde liegen, und wir müssen uns vorstellen, daß das lebendige Protoplasma des geißelförmigen Fadens aus eigner Kraft sich in der oben dargestellten Weise verlängert und verkürzt, sich biegt und kreisend bewegt. Was das nackte Protoplasma eines Wimperfadens vollführt, das vermag auch die Gesellschaft von Protoplasten in der einfachen Zellenreihe eines Oscillariafadens zu vollführen, und nichts spricht dagegen, daß auch in jenem umfangreichen Zellenverbande, aus welchem der Sproß einer windenden Pflanze besteht, die an der Peripherie fortschreitenden Spannungsgegensätze, welche als kreisende Bewegung des Sprosses ersichtlich werden, in ähnlicher Weise zu stande kommen. Warum sollte nicht ein Teil der in geselligem Verbande lebenden und einheitlich zum Gedeihen des ganzen Stockes zusammenwirkenden Protoplasten jene Arbeit übernehmen, welche in dem winzigen einzeligen pflanzlichen Organismus von einem vorgestreckten Protoplasmafaden vollführt wird, und ist es nicht das Einfachste, sich vorzustellen, daß die **lebenden Protoplasten bestimmter Zellenreihen am Umfange des Sprosses die oben erläuterte Verlängerung und Verkürzung, die fortschreitenden Spannungsgegensätze, mit Einem Worte die schwingende Bewegung des ganzen Sproßgipfels bewirken?** Was sie zu dieser Arbeit drängt, ist ebenso rätselhaft wie der Anstoß zum Aufbaue von Scheidewänden im Innern einer Zelle oder der Antrieb zu jenen wunderbaren Ballungs- und Sonderungsvorgängen in dem Protoplasma der Schleimpilze, welche auf S. 534 geschildert wurden. Wir sehen zwar, daß diese auf Verschiebungen kleinster Teilchen beruhenden Vorgänge nur unter bestimmten äußern Verhältnissen möglich sind, aber niemand kann behaupten, daß äußere Verhältnisse den Arbeitsleistungen der Protoplasten ihr eigentümliches Gepräge geben.

Ein Teil der windenden Pflanzen, namentlich der Hopfen, das Geißblatt und der windende Knöterich (Humulus Lupulus, Lonicera Caprifolium, Polygonum Convolvulus), schwingen ihre Triebe in der Richtung von Westen durch Süden nach Osten, was man **rechts schwingen** nennt, ein andrer Teil, wie z. B. die Feuerbohne, die Windlinge und verschiedene Arten der Osterluzei (Phaseolus multiflorus, Convolvulus sepium, Aristolochia

Sipho), schwingen von Westen durch Norden nach Osten, was links schwingen genannt wird. Äußere Verhältnisse haben auf das Einhalten dieser Richtungen keinen Einfluß. Ob wir Licht, Wärme, Feuchtigkeit von dieser oder jener Seite wirken lassen, für die Richtung der Bewegung ist das einerlei, immer schwingt die betreffende Art in den gleichen Bahnen, der Hopfen nach rechts, die Feuerbohne nach links. Auch wenn das schwingende Stück fortwährend in entgegengesetzter Richtung angebunden wird, — es ist alles vergeblich, die Pflanze läßt sich keine andre Bahn aufzwingen und von der ihr eigentümlichen Richtung nicht abgewöhnen. Sie schwingt und windet in der ihr angebornen, von Geschlecht auf Geschlecht sich vererbenden Weise fort und fort, und wir können die verschiedene Richtung des Schwingens nur auf innere Ursachen, nur auf die jeder Pflanze eigentümliche Konstitution des lebendigen Protoplasmas, zurückführen.

So rätselhaft aber die letzten Ursachen dieses Schwingens sind, um so klarer erscheint das Ziel, welches durch die kreisende Bewegung der wachsenden Sprosse angestrebt wird. Um sich emporwinden zu können, bedarf der Sproß einer aufrechten Stütze, mit welcher er unter einem nahezu rechten Winkel in Berührung kommen soll. Steht eine solche Stütze in der unmittelbaren Nähe, dann findet auch die Berührung gleich im Beginne des Schwingens statt; wenn es aber an Pfahlstämmen in der nächsten Umgebung fehlt, dann neigt der Sproß mit seiner Spitze suchend nach allen Punkten der Windrose und zieht in dem Maße, als er an Länge zunimmt, immer weitere und weitere Kreise. Hat er auch in dem so durchmessenen Raume keine entsprechende Stütze gefunden, so sinkt der untere Teil des Sprosses auf den Boden hin und wird daselbst zu einem lagernden Stamme, das Mittelstück richtet sich aber wieder empor, und das freie Ende schwingt neuerdings im Kreise herum. Die Stätte, wo das Schwingen jetzt stattfindet, ist um ein gutes Stück über jene vorgeschoben, wo das Schwingen zuerst begonnen hatte, und vielleicht stößt der schwingende Sproß jetzt auf dem neuen Platze an einen aufrechten Pfahl, der als Stütze dienen könnte. Ist auch hier eine brauchbare Stütze nicht zu finden, so kann neuerdings ein Vorschieben des Tummelplatzes für den kreisenden Zweig stattfinden, und es wird so nach und nach ein verhältnismäßig großer Raum von dem Sproßende durchschwungen. Der Vorgang macht den Eindruck, als ob das Sproßende nach einem aufrechten Pfahle suchen würde, und früher war man auch der Meinung, daß den windenden Pflanzen die Fähigkeit zukomme, sich eine Stütze aufzusuchen, ja man neigte auch zu der Ansicht, daß der windende Stamm durch solche Stützen förmlich angezogen werde. Eine solche Auffassung entbehrt aber der thatsächlichen Begründung. Das Zusammentreffen des schwingenden Sprosses mit einem Pfahlstamme ist und bleibt ein zufälliges; gewiß aber ist, daß dieses Zusammentreffen durch die eben geschilderten Bewegungen erleichtert wird, und es ist selbstverständlich die Wahrscheinlichkeit, daß ein aufrechter Pfahl getroffen werde, desto größer, je größer der von dem Sproßende durchschwungene Raum ist.

Sobald das schwingende Ende des Sprosses mit einer aufrechten, nicht zu dicken Stütze in Berührung gekommen ist, hört die schwingende Bewegung sofort auf, das Ende des schwingenden Sprosses umgreift die Stütze, wächst, dieser angeschmiegt, entlang einer Schraubenlinie empor und nimmt so die Gestalt einer ausgezogenen Spirale an, welche um die Stütze herumgewunden ist. Man hat diesen Vorgang durch den Vergleich mit der Bewegung eines im Kreise geschwungenen und mit einem Pfahle in Berührung kommenden Seiles anschaulich zu machen gesucht. Wenn man nämlich ein langes Seil oder eine lange Peitsche mit über das Haupt gehobenen Händen in einer horizontalen Ebene herumschwingt und sich gleichzeitig einem aufrecht stehenden Pfahle so weit nähert, daß das geschwungene Seil den Pfahl treffen muß, so windet sich das über der Berührungsstelle befindliche Stück des Seiles spiralig um den Pfahl herum.

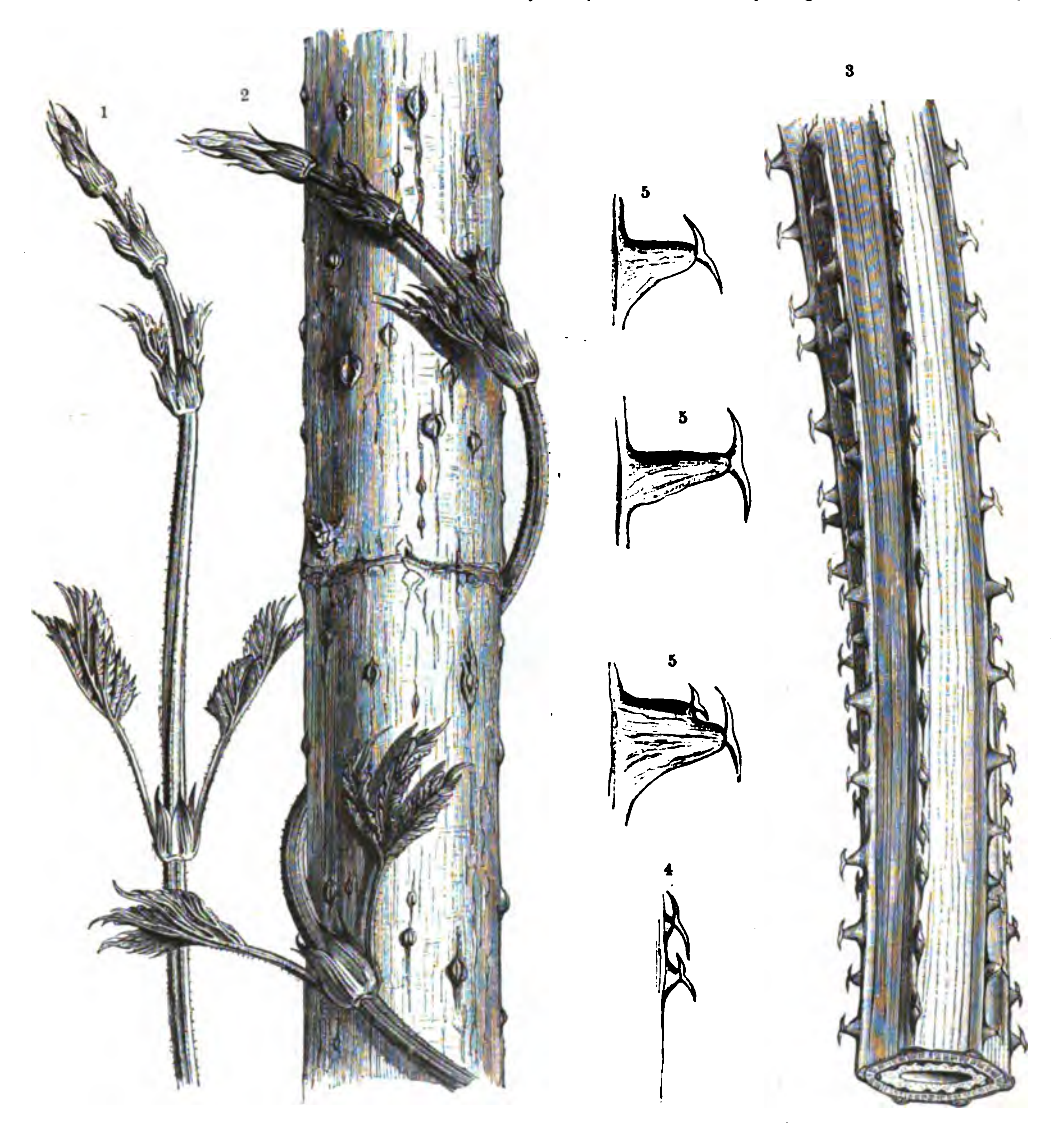
Aus vielfältigen Beobachtungen und Versuchen hat sich ergeben, daß lotrecht aufgerichtete Pfähle am leichtesten von windenden Stämmen umschlungen werden. Auch dann, wenn die Neigung des Pfahles nicht unter 45° gegen den Horizont beträgt, bildet der windende Sproß noch eine Spirale um denselben; aber horizontale Stäbe werden nur noch ausnahmsweise umwunden. Auch wurde ermittelt, daß die Umläufe, welche der windende Stamm macht, mit zunehmendem Alter höher und steiler werden. Die Windungen, welche der jüngste, oberste Teil des Sprosses ausführt, sind oft sehr genähert und nahezu horizontal; tiefer aber erscheint die Spirale mehr ausgezogen, und es werden die inzwischen neugebildeten obern flachen Windungen passiv in die Höhe geschoben. Damit ist der Vorteil verbunden, daß für den mehr gestreckten und daher auch der Stütze fester angepreßten untern Teil der Spirale ein besserer Halt an der Stütze gewonnen wird. Dieser bessere Halt wird übrigens auch dadurch erreicht, daß eine Drehung der Achse des windenden Stammes stattfindet. Diese Drehung der Achse ist mit dem Umwinden der Stütze nicht zu verwechseln. Wir können einen Pfahl mit einem Bindfaden umwinden, dessen Fasern nicht zusammengedreht sind, wir können aber auch einen Bindfaden wählen, dessen Fasern man früher stark zusammengedreht hat, und ganz ähnlich verhält es sich mit den windenden Stämmen. Die Stränge in denselben, namentlich jene Stränge, welche an der Peripherie des windenden Stammes liegen und dort als Kanten vorspringen, können geradlinig verlaufen oder doch nur schwach gedreht sein, können aber auch eine starke Torsion zeigen und wie die Fasern eines Strickes gewunden erscheinen. Dadurch, daß der windende Sproß eine Drehung um seine eigne Achse vollzieht, wird er jedenfalls viel straffer und steifer, und die an seiner Peripherie vorspringenden, nun schräg verlaufenden Kanten vermitteln auch einen bessern Halt an dem umwundenen Pfahle, als ihn die nicht gedrehten Kanten früher zu bieten im stande gewesen wären.

Nicht selten wird das Festhalten des windenden Stammes auch noch durch steife, rückwärts gerichtete Borsten und durch Widerhäkchen verstärkt, welche an den Kanten ausgebildet sind, wie das namentlich an dem windenden Knöteriche und den Bohnenpflanzen der Fall ist. Verhältnismäßig groß sind diese nach rückwärts gerichteten Stacheln an der Windlingsart Ipomaea muricata. Eine merkwürdige Form derselben zeigt auch der Hopfen. Wie an der Abbildung auf S. 647 zu ersehen ist, haben sie bei dieser Pflanze die Gestalt eines Amboſſes. Auf einer zapfen- oder kegelförmigen Unterlage ist nämlich eine Zelle ausgebildet, welche sich stark in die Quere streckt und an beiden Enden spitz zuläuft. Ihre Wand ist verkieselt, sehr fest, und die Spitzen haken sich in weichere Gewebe wie Krallen ein. Diese Klimmhaken finden sich in regelmäßigen Reihen an den sechs Kanten, welche der windende Hopfenstamm zeigt, und erleichtern ungemein seine Festigung an der umwundenen Stütze.

An der unter dem Namen Wachsblume bekannten, in den Gewächshäusern häufig gezogenen Hoya carnosa sind die jungen windenden Stämme dicht mit rückwärts gerichteten Haaren besetzt, welche unter Umständen wesentlich zum Festhalten an rauhen Unterlagen beitragen. Überdies entwickeln die Stämme dieser Pflanze, sobald sie zu schwingen aufgehört haben, auch noch lichtscheue Kletterwurzeln, welche sich an die Unterlage anschmiegen, mit dieser verwachsen und dadurch dem Stamme, sobald er zu schwingen und winden aufgehört hat, eine sichere Ruhelage verschaffen. Die Stämme dieser Wachsblume sowie der auf S. 159 besprochenen Arten der Gattungen Cassytha und Cuscuta sind insofern Mittelformen zwischen den windenden und den mit Kletterwurzeln ausgerüsteten Kletterpflanzen, auf welch letztere später noch die Rede kommen wird.

Wenn das schwingende Ende eines windenden Stammes in der Nachbarschaft keinen aufrechten Pfahl gefunden hat, so tritt an dem nicht mehr schwingenden ältern Teile dieses Stammes die spiralige Windung und die Drehung der Achse auch ohne Stütze ein.

So wie aber ein Strick infolge des Zusammendrehens viel straffer wird, so erhöht sich auch an den ohne Stütze gewundenen und gedrehten Stämmen die Steife im Vergleiche zu den nicht gedrehten Stämmen; es kann sich ein solcher gewundener und gedrehter Stamm sogar eine Strecke weit über den Boden erheben, und in manchen Fällen kann dadurch

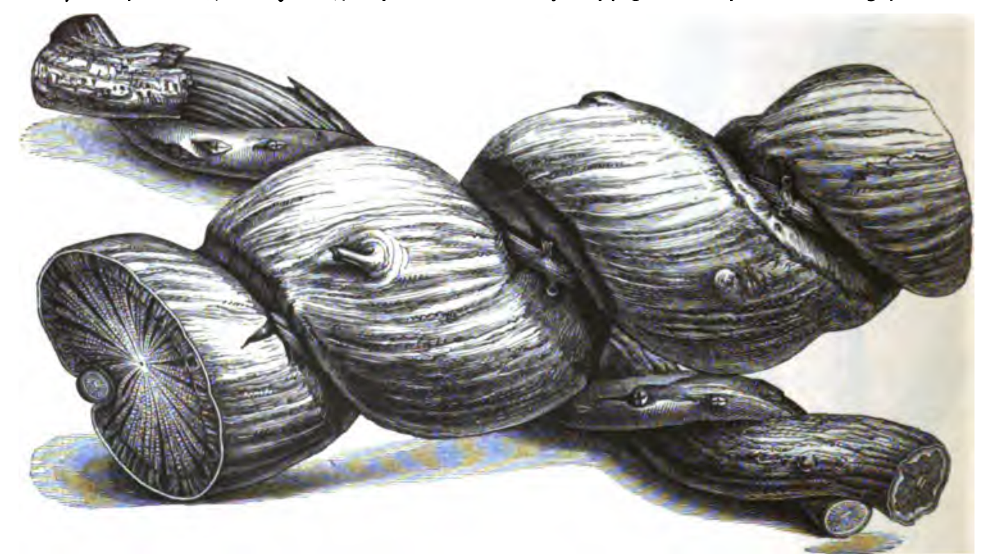


Windender Hopfen (Humulus Lupulus). 1. Freies Ende eines eben erst aus dem Boden hervorgekommenen Sprosses. — 2. Der Stamm dieses Sprosses, um einen Holunderpfahl windend; in natürlicher Größe. — 3. Ein Ausschnitt dieses Stammes; vergrößert. — 4, 5. Einzelne vom Stamme abgetrennte amboßartige Klimmhaken; noch mehr vergrößert. Vgl. Text, S. 646.

das noch immer schwingende freie Ende in die Höhe gebracht werden. Möglicherweise trifft ein solcher emporgehobener schwingender Sproß einen Zweig, welcher von einem in der Nähe stehenden Baume oder Strauche überhängt, ergreift und umwindet denselben und gelangt auf diesem Wege in die Höhe der Baumkrone. Manche windende Pflanzen, wie z. B. der Hopfen, treiben aus ihrem unterirdischen ausdauernden Stammteile häufig mehrere benachbarte Sprosse über den Boden empor. Finden diese in der nächsten Umgebung keinen

Pfahl, so winden sie sich übereinander, und man sieht dann ein Konvolut von Stämmen, welches einem aus mehreren Stricken gewundenen Schiffstaue ähnlich sieht (s. S. 338). Solche Konvolute erheben sich gleichfalls oft ohne fremde Stütze ziemlich hoch über den Boden, und es wird dadurch einzelnen besonders kräftig schwingenden Sproßenden die Möglichkeit geboten, in ähnlicher Weise, wie es früher geschildert wurde, eine Stütze zu ergreifen.

Versagen alle Hilfsmittel zum Auffinden einer Stütze, so lagert schließlich der schraubenförmig gewundene und gedrehte Stamm dem Boden auf, bleibt aber dann im Wachstume zurück und bietet das Bild einer kümmerlichen, dahinsiechenden Pflanze. Gerade diese Thatsache ist insofern von Interesse, weil aus ihr hervorgeht, daß der Druck, welchen der an den stützenden Pfahl angelegte windende Stamm erfährt, fördernd auf das Wachstum des ganzen Sprosses einwirkt. Dieser Druck ist als Reiz aufzufassen, gerade so wie der Druck, welcher die später zu besprechenden Ranken zu üppigem Wachstume anregt, und man



Ausschnitt aus einer im tropischen Walde gesammelten, korkzieherförmig gewundenen Liane; in natürl. Größe. Vgl. Text, S. 649.

kommt damit auch zu dem Schlusse, daß die windenden Stämme reizbar sind, wenn die Reizbarkeit hier auch nicht so augenfällig hervortritt wie an den rankenförmigen Bildungen.

In den gemäßigten Zonen hat die Mehrzahl der windenden Stämme nur eine kurze Lebensdauer. Der windende Knöterich ist einjährig; der Hopfen und die Windlinge sind zwar ausdauernd, aber die aus dem unterirdisch überwinternden Stocke alljährlich neu hervorgetriebenen Stämme gehen im Herbste immer wieder zu Grunde. Nur das Bittersüß (Solanum Dulcamara) und mehrere Arten der Gattung Geißblatt (z. B. Lonicera Caprifolium und Periclymenum), die noch in verhältnismäßig rauhen Gegenden vorkommen, zeigen verholzende windende Stämme, welche von Jahr zu Jahr an Dicke zunehmen. Aber gerade an diesen Arten tritt das Winden nicht besonders hervor, und das Bittersüß bildet sozusagen ein Mittelglied zwischen den Pflanzen mit windendem und jenen mit flechtendem Stamme. In den tropischen Gegenden sind dagegen langlebige, verholzende windende Stämme keine Seltenheit. Begreiflicherweise rücken die Windungen eines um die dünne Stütze fest angelegten und nicht mehr verschiebbaren, aber doch in die Dicke wachsenden Stammes sehr knapp aneinander, und es entstehen dann jene seltsamen Lianen, welche das Erstaunen aller Besucher des tropischen Waldes erregen. Korkzieherförmig um die dünnen Stengel andrer Lianen gewundene Stämme im Durchmesser von 4 cm sind keine Seltenheit, und mitunter sieht man solche

Gebilde, von welchen ein kleiner Ausschnitt in der Abbildung auf S. 648 in natürlicher Größe dargestellt ist, mit Hunderten sehr gleichmäßiger Windungen viele Meter hoch wie dicke Schiffstaue zu den Baumkronen emporgezogen.

Der rankende Stamm (stirps cirrhosa) erhebt sich mit Hilfe eigentümlicher Organe, welche Ranken genannt werden, in jene Regionen, wo seinen grünen Blattflächen das benötigte Sonnenlicht in reichlichem Maße zu teil wird, und wo auch die von ihm getragenen Blüten und Früchte die günstigste Lage erhalten. Die Ranken, welche das Emporklimmen des Stammes vermitteln, haben im jugendlichen Zustande die Gestalt von Fäden, sind bald dünn und zart, bald dick und steif, in dem einen Falle ungeteilt, in dem andern gegabelt, immer aber reizbar und so eingerichtet, daß die von ihnen berührten Körper erfaßt, festgehalten und als Stütze benutzt werden können. Bevor sich die Ranke an eine Stütze anlegt, ist sie geradlinig, wächst in die Länge und hält dabei jene Richtung ein, welche die größte Wahrscheinlichkeit bietet, daß eine Stütze erreicht werde; auch vollführt sie Bewegungen, die den Zweck haben, auf eine feste Stütze zu stoßen. Ist dieses Ziel erreicht, so findet eine feste Verbindung zwischen dem Ende der Ranke und der berührten Stütze statt, und der hinter der Anheftungsstelle liegende Rankenteil zieht sich schraubenförmig zusammen. Durch diese schraubenförmige Zusammenziehung wird der Stamm, von welchem die Ranke ausgeht, zur Stütze hingezogen und erscheint dann an dieser wie mittels einer federnden Spirale befestigt. Der Stamm selbst ist fast immer passiv, und nur an sehr wenigen Pflanzen vollführt er im jugendlichen Zustande Bewegungen, wie sie das freie schwingende Ende des windenden Stammes auszuführen pflegt.

Von jedem rankenden Stamme gehen immer mehrere Ranken aus. Gewöhnlich kommt auf jedes obere Stengelglied je eine Ranke, bisweilen auch deren zwei, und abgesehen von dem untersten Teile, welchem die Ranken ganz zu fehlen pflegen, ist der Stamm der ganzen Länge nach sehr regelmäßig mit nach allen Seiten abstehenden Ranken besetzt. Das hat den Vorteil, daß für den Fall, als die eine Ranke fehlschlagen oder keine Stütze finden sollte, immer eine benachbarte für sie einspringen kann. Überhaupt sind die Gewächse mit rankenden Stämmen im Vergleiche zu allen andern Formen klimmender Gewächse im entschiedenen Vorteile, und es erklärt sich daraus, daß sie auch der Zahl nach jene andern bedeutend überwiegen. Den Pflanzen mit windenden Stämmen sind sie insbesondere dadurch überlegen, daß sie über zerklüftete Seitenwände von Felsen und über alte mächtige Baumstrünke emporkommen können, indem die Enden der Ranken sich mit eigentümlichen Scheiben an die glattesten Felsen anheften oder die feinen Spitzen selbst unbedeutende vorspringende Stücke der Borke und horizontal abstehende Stummel abgebrochener alter Äste erfassen und festhalten, was den windenden Stämmen unmöglich ist. Die Ranken umwinden mit Vorliebe horizontale Ästchen und Blattstiele und häufig auch rankentragende ältere Stämme, welche früher einmal in die Krone eines Baumes emporgeklommen sind. Oben in dem Geäste der Baumkrone angekommen, können sie von einem Zweige zum andern übergehen, nach oben und unten sich festknüpfen und so allmählich die ganze Krone überspinnen. Jene Teile, welche über die Krone hinauswachsen, hängen im Bogen herab und werden durch den leisesten Lufthauch ins Schwanken gebracht. Von den Stengelgliedern dieser schwankenden Stammteile sind aber schon wieder neue Ranken wie die Fangarme eines Polypenstockes ausgestreckt, und wenn nur ein einziger dieser zahlreichen Fangarme den Stiel eines Laubblattes oder selbst nur den Zipfel einer Blattspreite auf einem benachbarten Baume erreicht, im Nu hat er denselben erfaßt, krümmt sich im Bogen um ihn herum und bildet eine fest anliegende Schlinge, aus welcher der erfaßte Teil nicht mehr so leicht zu entwischen im stande ist. Es dauert nicht lange, so hat sich auch eine zweite, dritte, vierte Ranke an die äußersten Laubblätter und Zweiglein angehängt; alle diese Ranken ziehen

sich dann spiralig zusammen und zerren dadurch den ganzen rankenden Stammteil, der früher im Winde hin- und hergeschwankt hatte, in die benachbarte Baumkrone hinüber. Die Brücke, die auf diese Weise hergestellt ist, wird wieder von andern klimmenden Stämmen zum Übergange benutzt, und es entstehen dann Guirlanden und Festons, welche die benachbarten Bäume verbinden, oder auch grüne Thorbogen und nicht selten förmliche Lauben, deren aus rankenden Stämmen gebildetes Dach von zwei benachbarten Büschen, wie von



Nebenblattranken der rauhen Stechwinde (Smilax aspera). Vgl. Text, S. 651.

zwei riesigen Pfeilern, getragen wird. Ein Vorteil, welchen die rankenden Stämme im Vergleiche zu den windenden voraus haben, besteht auch darin, daß sie die gleiche Höhe über den Boden mit Aufwand viel geringerer Mittel erreichen können. Der gewundene Stamm der Feuerbohne, welcher die Höhe von 1 m über den Boden erklommen hat, zeigt, ausgezogen, die Länge von 1½ m. Der kletternde, nicht gewundene, nahezu gerade Stamm der Erbse, welcher sich mit seinen Ranken zu derselben Höhe emporgezogen hat, ist dagegen wenig länger als 1 m. Allerdings wird auch zur Ausbildung der Ranken Baumaterial verbraucht, aber dasselbe steht doch in gar keinem Verhältnisse zu jenem, welches ein Stammstück im Ausmaße von ½ m beansprucht.

Was ist die Ranke? Ein Blatt, ein Stengel, eine Wurzel? Sie kann das eine und andre sein, wie es eben für die betreffende Art von Vorteil ist. Sogar aus jedem der verschiedenen Abschnitte eines Blattes für sich allein kann sich durch Metamorphose eine Ranke gebildet haben, und die Blattspreite, die Mittelrippe, der Blattstiel, selbst die Nebenblätter können zu Ranken geworden sein. Vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkte und mit Rücksicht auf den Ursprung und die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Pflanzenglieder hat man die so ungemein mannigfaltigen Rankenbildungen übersichtlich in folgende Gruppen



Blattstielranke der Alpenrebe (Atragene alpina). Vgl. Text, S. 652 u. 654.

zusammengestellt. Zunächst die Nebenblattranke (cirrhus stipularis), für welche insbesondere die Arten der Gattung Stechwinde (Smilax) ein vortreffliches Beispiel geben. Wie an der im Gebiete der Mittelmeerflora so häufigen Smilax aspera (s. Abbildung, S. 650) zu ersehen, sind die Blätter dieser Pflanze in Spreite, Blattstiel, Scheide und Nebenblätter gegliedert, und die vom Scheidenteile ausgehenden beiden Nebenblätter sind in ziemlich lange, das Geäste andrer Pflanzen und selbst die eignen Zweige umschlingende Ranken umgewandelt.

Häufiger als diese im ganzen seltene Form ist die Blattstielranke (cirrhus petiolaris), die selbst wieder zahlreiche Modifikationen zeigt, je nachdem der ganze Blattstiel

eines ungeteilten Blattes oder die Stiele einzelner Blattabschnitte die Rolle von Ranken übernehmen. Das erstere sieht man sehr schön an den zahlreichen Arten der Kapuzinerkresse (Tropaeolum) und an dem rankenden Löwenmaule (Antirrhinum cirrhosum), das letztere an vielen Arten der Gattung Erdrauch (Fumaria), an den rankenden Waldreben (Clematis) und an der einzigen Liane unserer Alpen, der Alpenrebe (Atragene alpina), von welcher auf S. 651 eine Abbildung eingeschaltet ist. Auch an den Kannenpflanzen (Nepenthes) ist ein Teil des Blattstieles in eine Ranke umgewandelt, und durch diesen werden die Kannen an dem Gezweige der stützenden Pflanze aufgehängt (vgl. S. 123 und Abbildung, S. 124). Wenn die Mittelrippe eines Laubblattes sich über das grüne Gewebe der Spreite noch weit hinaus als Faden fortsetzt, welcher feste Stützen ergreift und umschlingt und den ganzen Pflanzenstock an dieselben anknüpft, so wird dieses Gebilde Blattrippenranke (cirrhus costalis) genannt. Es gehören hierher die seltsamen südamerikanischen Mutisien (z. B. Mutisia ilicifolia, hastata, subspinosa, decurrens), die indischen Flagellaria Indica und Gloriosa superba und mehrere an steife Halme und Blätter benachbarter Gräser sich anheftende Kaiserkronen (Fritillaria cirrhosa, verticillata und Ruthenica). Auch die Blattranke (cirrhus foliaris) wird als Mittelrippe einer Blattspreite oder eines Teilblättchens gedeutet, doch ist hier von dem grünen Gewebe der betreffenden Spreite gar nichts zur Entwickelung gekommen, und man sieht nur die Mittelrippen und zwar als Fäden ausgebildet, welche, sobald sie mit einem Stabe in Berührung kommen, sich krümmen und anhängen. Diese Form der Ranke ist die häufigste von allen und findet sich namentlich an den Schmetterlingsblütlern in großer Mannigfaltigkeit. Bisweilen ist die ganze Blattspreite in eine einzige Ranke metamorphosiert, wie bei der Linsenplatterbse (Lathyrus Aphaca); gewöhnlich sind aber nur an Stelle des Endblättchens und der vordern Teilblättchen der gefiederten Blätter Ranken entstanden, wie das besonders an den Wicken, Erbsen und Linsen (Vicia, Pisum, Ervum) zu sehen ist. Es verdient hier erwähnt zu werden, daß in dem Maße, als das grüne Gewebe der Blattspreite infolge der Rankenbildung reduziert erscheint, die Ausdehnung des grünen Gewebes an den untersten Teilblättchen, Blattstielen und Nebenblättern zunimmt, mit andern Worten, daß dort, wo an Stelle der vordern Teilblättchen Ranken auftreten, das unterste Paar von Teilblättchen und die Nebenblätter große grüne Flächen bilden. An vielen Platterbsen sind dann sogar die Blattstiele und die Stengel mit grünen blattartigen Leisten und Flügeln besetzt.

Als Stammranke (cirrhus capreolus) bezeichnet man jede Ranke, welche auf ein Stengelgebilde zurückgeführt werden kann, und unterscheidet insbesondere noch Astranke (cirrhus rameaneus) und Blütenstielranke (cirrhus peduncularis), je nachdem die Ranke als Metamorphose eines blütentragenden oder eines Laubsprosses gedeutet wird. Blütenstielranken findet man insbesondere an dem Weinstocke und den Cissusarten, an Passiflora cirrhiflora, an mehreren Arten der Gattungen Paullinia und Cardiospermum, Astranken an Fumaria claviculata und an zahlreichen kürbisartigen Gewächsen. Diese Ranken, für welche die in der Abbildung auf S. 653 dargestellte Serjania gramatophora als Beispiel gelten mag, entspringen gewöhnlich nicht aus der Achsel eines Laubblattes, sondern sind verschoben, neben oder unter das Stützblatt gerückt, ja häufig den Stützblättern gegenübergestellt. Bei den reben- und kürbisartigen Gewächsen tritt diese Verschiebung besonders auffallend hervor, und in früherer Zeit hat man darum diese Ranken auch nicht für Stammranken gelten lassen wollen, sondern für Blattranken erklärt. Schließlich wäre hier auch noch der Wurzelranke (cirrhus radicalis) zu gedenken, welche aus wirklichen am Mittelstamme entspringenden Wurzeln hervorgeht, sich aber in betreff ihrer Wirksamkeit ganz so wie eine Ranke benimmt und insbesondere an klimmenden zartstengeligen Bärlappgewächsen beobachtet wird.

Diese für die spekulative Gestaltlehre und auch für die beschreibende Botanik wertvolle Unterscheidung der mannigfachen Rankenformen hat für die Fragen, welche in diesem Buche besprochen werden, nur nebensächlichen Wert. Sie gibt keinen Aufschluß über die Bedeutung, welche den verschiedenen Formen mit Rücksicht auf die Standorte der klimmenden Pflanzen zukommt, und sie bietet nicht den geringsten Anhaltspunkt, um sich vorstellen zu können, wie der Stamm durch die von ihm ausgehenden Ranken an die Stütze gekettet



Astranken der Serjania gramatophora. Vgl. Text, S. 652.

wird. Und gerade in dieser Beziehung sind die rankenden Stämme überaus merkwürdig und zeigen Verschiedenheiten, welche eine eingehendere Schilderung verlangen. Zum Behufe dieser Schilderung stellen wir die rankenden Stämme in drei Gruppen zusammen, nämlich in solche mit Ringelranken, mit schwingenden Ranken und mit lichtscheuen Ranken.

Die Stämme mit Ringelranken sind insbesondere geeignet, zwischen vielverzweigten, aufrechten Stauden in dicht verwachsenen Hecken, in jungen Waldanflügen und niedern Gehölzen emporzuklimmen. Ein Teil derselben, so namentlich verschiedene Arten des Erdrauches und der Kapuzinerkresse (Fumaria und Tropaeolum), sind einjährig und kommen über das niedere Gestrüppe und Gestäude nicht viel hinaus; andre, wie z. B. die Waldreben

und Alpenreben (Clematis und Atragene), sind ausdauernd, ihre Stämme verholzen, erreichen oft ein ziemlich hohes Alter, und die jüngsten von den alten Stämmen ausgehenden Verzweigungen können bis zu den Baumwipfeln emporklimmen. Wenn man diese Stämme im Innern eines lichten Hochwaldes zwischen den astlosen Strünken wie Seile in die Baumkronen hinaufgeschwungen sieht, so kann man versichert sein, daß sie schon zur Zeit, als die jetzt mächtigen Bäume noch niedere Bäumchen waren, sich angeheftet hatten und, mit diesen gleichen Schritt haltend, in die Höhe kamen. Die jungen Sprosse, deren Laubblätter noch klein, aufrecht und dem Stamme angeschmiegt sind, erscheinen befähigt, selbst durch unscheinbare Lücken des Gezweiges im dichtesten Gestrüppe emporzukommen, und sie erinnern in dieser Beziehung lebhaft an die Wachstumsweise der flechtenden Stämme. Auch insofern stimmen sie mit den flechtenden Stämmen überein, daß sie durch das Ausbreiten und Zurückschlagen ihrer Blätter und Blattstiele förmliche Ankerhaken ausbilden, mittels welcher sie sich an die querlaufenden Zweige des stützenden Gestrüppes aufhängen. Das ist namentlich an den Waldreben und an der auf S. 651 abgebildeten Alpenrebe der Fall, welche Pflanzen gegenständige Blätter besitzen, deren Stiele unter nahezu rechtem Winkel vom Stamme abstehen. Die Stiele der Teilblättchen und die Spreiten dieser Blättchen vervollständigen noch die Bildung eines Ankerhakens und zwar dadurch, daß erstere sich unter einem stumpfen Winkel zu dem Hauptstiele abwärts senken und letztere nach der Entfaltung der Spreite sich bogenförmig krümmen, wodurch ein förmlicher Wickel gebildet wird.

In den ersten Stadien ist, wie gesagt, ein Unterschied zwischen den flechtenden Stämmen und den Stämmen mit Ringelranken eigentlich nicht zu erkennen. Derselbe tritt erst hervor, sobald die untere Seite der Blattstielchen mit irgend einem Zweige des Gestrüppes in Berührung kommt. *Diese Berührung, wenn sie nicht allzu flüchtig ist, wirkt als Reiz auf die Blattstiele und hat zur Folge, daß sich diese Stiele um den berührten Zweig krümmen und ihn ringförmig umschlingen.* Die Stiele krümmen sich stets nach jener Seite hin, welche berührt, beziehentlich gedrückt worden ist. Da die Blattstiele auf allen Seiten gleich empfindlich sind, kann die Krümmung nach oben oder unten oder auch seitlich erfolgen, je nachdem eben die Berührung hier oder dort stattgefunden hat. Selbst der dauernde Kontakt mit haardünnen Blütenstielen genügt, um die Ringbildung zu veranlassen, und es wurde durch Versuche nachgewiesen, daß der fortgesetzte Druck eines Fadens, an welchem man das Gewicht von nur 4 mg befestigt hatte, bereits eine Krümmung zur Folge hatte. Gewöhnlich bildet der gereizte Stiel eines Teilblättchens einen oder zwei, seltener mehr ringförmige Umläufe um den erfaßten Zweig, wie das an der Abbildung auf S. 651 zu sehen ist. Häufig kommt es auch vor, daß benachbarte Stämme desselben Pflanzenstockes durch die Ranken verknüpft und zu unentwirrbaren Knäueln verschlungen werden. Die Rankenbildung der reizbaren Blattstiele wird bei vielen der hierher gehörigen Pflanzen wesentlich dadurch gefördert, daß die jüngsten Glieder der Sprosse ähnlich wie jene der windenden Stämme, wenn auch weniger regelmäßig, im Kreise herumschwingen, was zur Folge hat, daß mit den reizbaren Blattstielen möglichst viele Zweige, Halme und Blätter der zur Stütze dienenden Stauden, Sträucher und Bäumchen in Berührung kommen. *Die zu Ranken werdenden reizbaren Blattstiele schwingen aber selbst nicht*, und dadurch unterscheiden sich die Ringelranken wesentlich von jenen der folgenden Gruppe, die als schwingende Ranken bezeichnet werden.

Den Stämmen mit schwingenden Ranken geht die Fähigkeit ab, an Felswänden oder an der Borke dicker Baumstrünke emporzuklettern, und sie sind ähnlich den vorhergehenden nur darauf eingerichtet, Halme, Blätter und dünne Zweige andrer aufrechter Pflanzen als Stütze zu benutzen, sich an ihnen zu befestigen und mittels spiraliger Krümmung der befestigten Ranken emporzuziehen. Die Pflanzen, welche mit diesen Stämmen

ausgerüstet sind, bedürfen weit mehr Licht als jene mit ringelnden Ranken, und die besten und günstigsten Standorte finden sie in offenen, mit einzelnen Baumgruppen besetzten Landschaften, an dem mit Gebüsch umsäumten Rande des Hochwaldes und auf grasigen, mit Stauden bewachsenen, sonnigen Fluren. Zwischen den vielfältig verschränkten Zweigen eines Gestrüppes sich durchzuflechten, ist nicht ihre Sache. An solchen Stellen sind die Ringelranken am Platze, nicht aber Ranken mit langen, schwingenden Fäden, welche inmitten



Ranken der Zaunrübe (Bryonia). Vgl. Text, S. 656 u. 657.

des dichten Gestrüppes ihre Bewegungen entweder gar nicht ausführen könnten, oder, wenn sie dieselben vollbringen, doch das angestrebte Ziel, nämlich das nachträgliche Hinaufziehen des Stammes, nicht erreichen würden.

Die untersten Glieder der über der Erde hervorwachsenden jugendlichen Sprosse entbehren der Ranken, und die Stämme dieser Sprosse werden nur durch die Turgeszenz ihrer Gewebe aufrecht erhalten. Bei manchen Arten tragen wohl auch die sich zurückschlagenden und dann wagerecht abstehenden, steifen Blattstiele oder die eigentümlich widerhakig gestalteten Blattspreiten dazu bei, die jungen Triebe an die angrenzenden andern Pflanzen anzuhängen und aufrecht zu erhalten. Für die obern Glieder des höher und höher wachsenden Sprosses würden aber diese Stützen nicht ausreichen, und an diesen obern Sproßgliedern

entwickeln sich denn auch Ranken, welche sich rasch in die Länge strecken und ihr wunderliches Spiel beginnen. Die Fäden dieser Ranken, welche am Gipfel des wachsenden Sprosses zwischen den dicht zusammengedrängten jungen Laubblättern versteckt und dort häufig spiralig eingerollt sind, verlängern sich ganz außerordentlich rasch, strecken sich gerade und ragen dann über die Laubblätter wie Fangarme weit hinaus. Nur das äußerste Ende derselben zeigt eine bald stärkere, bald schwächere hakenförmige Krümmung (s. die Abbildung auf S. 655). Haben sie ihre volle Länge erreicht, so beginnen sie im Kreise herumzuschwingen, ganz ähnlich wie die Sproßgipfel windender Stämme. Treffen sie dann bei dieser Bewegung auf einen zur Stütze geeigneten Gegenstand, so wird derselbe von dem hakenförmig gekrümmten Ende erfaßt und umschlungen. Die Berührung mit dem fremden Körper wirkt nämlich als Reiz auf die Ranke; diese legt sich dem berührten Körper als Schlinge an, rollt sich dann auch spiralig zusammen und zieht dadurch den Stamm, welcher die Ranke ausgesendet hat, schräg empor. Nun kommt die nächste Ranke an die Reihe, d. h. jene, welche um ein Stengelglied weiter aufwärts von dem wachsenden Gipfel des rankenden Stammes ausgesendet wird. Sie verhält sich genau so wie die eben beschriebene und wird in kurzer Zeit von einer dritten, vierten u. s. f. abgelöst. Sollte eine dieser Ranken bei ihrem Herumschwingen keine Stütze gefunden haben, so verschlägt das nicht viel, die aufeinander folgenden Ranken sind so nahe gestellt und ersetzen sich so rasch, daß der Sproß doch ganz gleichmäßig in die Höhe gezogen und vor dem Umfallen gesichert wird. Wenn ganze Reihen von Ranken keine Anhaltspunkte finden, dann sinkt der Sproß allerdings, im Bogen sich krümmend, herab, was zur Folge haben kann, daß dabei eine der noch immer schwingenden Ranken einen ferner stehenden Zweig streift, an diesem sich festhält und ihn als Stütze benutzt. Ist auch das nicht der Fall, so krümmt sich das Ende des im Bogen herabhängenden Sprosses wieder empor, streckt neuerdings schwingende Ranken über seinen Scheitel aus, und so gelingt es vielleicht doch noch, irgend ein in der Nähe vorragendes Zweiglein zu erfassen, über das wieder in die Höhe geklommen werden kann. Die Wege, welche ein solcher rankender Stamm einschlägt, sind darum oft seltsam auf- und abwärts geschlungen, immer aber folgt der Stamm der Peripherie des zur Stütze gewählten Busches oder der überfallenen Baumkrone, und niemals wird auch das innere Geäste dieser Stützen durchflochten. Pflanzen, deren rankende Stämme sich stark verzweigen, können die von ihnen überwachsenen Baumkronen wie mit einem Teppiche einhüllen, und trägt die klimmende Pflanze große Laubblätter, so wird dieser Teppich mitunter so dicht, daß man erst bei eingehenderer Untersuchung erkennt, welche Pflanze das Unglück hatte, als Stütze für die klimmenden Stämme herhalten zu müssen.

Die Darstellung des Wachstumes, wie ich sie im Obigen gegeben habe, bringt nur jene Erscheinungen zur Geltung, welche an allen mit schwingenden Ranken ausgerüsteten Stämmen beobachtet werden; im einzelnen finden sich noch unzählige besondere Einrichtungen, deren erschöpfende Schilderung in dem engen Rahmen dieses Buches unmöglich wäre, und ich muß mich daher darauf beschränken, nur einige der auffallendsten Wahrnehmungen zu besprechen.

Zunächst wäre hervorzuheben, daß in manchen Fällen, so namentlich bei den tropischen Passifloren, nicht nur die vorgestreckten jungen Ranken, sondern auch die Sproßgipfel, von welchen die Ranken ausgehen, im Kreise herumschwingen, wodurch der von den Ranken durchfahrene Raum erweitert und die Wahrscheinlichkeit, auf eine Stütze zu treffen, vergrößert wird. Sind die Ranken gabelig geteilt, so macht jeder Gabelast für sich seine besondern schwingenden Bewegungen, wie das z. B. an den Ranken des Weinstockes zu sehen ist. Die Zahl der Umläufe, die eine schwingende Ranke, beziehentlich ein schwingender Rankenast macht, ist je nach den Arten sehr verschieden. **Cobaea scandens** bedarf zu einem Umlaufe nicht mehr als 25 Minuten, **Passiflora sicyoides** 30—46 Minuten, **Vitis vinifera** 67 Minuten. Auch die Schnelligkeit, mit welcher sich die Ranken infolge des von fremden Körpern

ausgeübten, als Reiz wirkenden Druckes krümmen, ist je nach den Arten sehr verschieden. Bei **Cyclanthera pedata** beginnt die Krümmung infolge von Berührung mit einem festen Stabe schon nach 20 Sekunden, bei Passifloren (z. B. **Passiflora gracilis** und **P. sicyoides**) nach etwas mehr als einer halben Minute, bei **Cissus discolor** nach 4—5 Minuten. Entfernt man den berührenden Stab, so streckt sich das gekrümmte Stück allmählich wieder gerade. Läßt man ihn dauernd in Berührung, so schreitet die Krümmung gleichmäßig fort; bei **Cyclanthera pedata** ist in 4 Minuten bereits die erste vollständige Schlinge um den Stab gelegt, bei andern dauert es dagegen mehrere Stunden, ja selbst 1—2 Tage. Gewöhnlich begnügt sich die Ranke nicht mit dem Anlegen einer einzigen Schlinge, sondern bildet deren mehrere. Die Schlingen erscheinen dem erfaßten Stabe sehr fest angepreßt und schmiegen sich, fortwachsend, allen Erhabenheiten und Vertiefungen desselben wie eine plastische Masse an, das Gewebe dringt sogar in kleine Ritzen und Spalten ein, und wenn man die Ranke von ihrer Unterlage ablöst, so sieht man an der Berührungsstelle einen förmlichen Abdruck aller Unebenheiten der Stütze. An manchen Arten, so namentlich an **Hanburya Mexicana**, entstehen an der Berührungsstelle auch eigentümliche kallöse Wucherungen. Die Enden der Ranken sind, wie schon erwähnt, hakenförmig gekrümmt, was das Erfassen des beim kreisenden Schwingen berührten Gegenstandes erleichtert. An manchen Arten endigen die Ranken mit förmlichen Klauen. Besonders zierlich nehmen sich die Ranken der in Mexiko heimischen, in unsern Gärten als Zierpflanze häufig gezogenen **Cobaea scandens** aus. Dieselben sind in drei größere Äste geteilt, jeder Ast gabelt sich dreimal und endigt mit acht kurzen, haardünnen, spreizenden Ästchen, und jedes dieser Ästchen trägt eine Doppelklaue, deren Spitzen sich bei leisester Berührung sofort einhaken und sogar an der Haut der menschlichen Hand hängen bleiben. Auch die drei dünnen Ästchen, in welche sich die Ranke der **Bignonia venusta** teilt, endigen mit spitzen Krallen, welche ganz jenen an den Insektenfüßen gleichen. Die meisten Ranken sind geteilt. Ungeteilte einfache Fäden, wie sie die auf S. 655 abgebildete **Bryonia** zeigt, sind verhältnismäßig selten. Die längsten Ranken haben die Passifloren und die kürbisartigen Pflanzen; jene des gewöhnlichen Kürbis (**Cucurbita Pepo**) messen manchmal über 30 cm. Die spiralige Rollung des nicht um die Stütze geschlungenen Rankenteiles beginnt je nach den verschiedenen Arten einen halben oder einen oder zwei Tage, nachdem die Rankenspitze die erste Schlinge um die Stütze gelegt hat, vollzieht sich aber, nachdem sie einmal begonnen hat, ziemlich rasch. Die Drehung richtet sich bald nach rechts, bald nach links und zwar häufig an einem und demselben Rankenaste. An den Ranken der Kürbisse kann man absatzweise die Richtung der Drehung drei- bis viermal wechseln sehen. Die Zahl der Umläufe ist äußerst ungleich, die langen Kürbisranken machen gewöhnlich 30—40 Schraubenumgänge. Der rankentragende Stamm ist durch die schraubigen, elastisch federnden Gebilde in vorteilhaftester Weise an seine Stütze befestigt. Er wird nämlich an der Stütze zwar festgehalten, aber nicht angepreßt, und es ist dadurch jede Reibung mit derselben vermieden. Bei heftigem Winde wird der rankende Stamm von der Stütze zwar weggedrängt, aber beim Nachlassen des Windes wird er durch die federnde Ranke wieder in seine frühere Stellung gebracht. Die schraubige Rollung der Ranke findet auch an jenen Ranken statt, welchen es nicht gelungen ist, eine Stütze zu erfassen; aber merkwürdigerweise verkümmern diese Ranken, schrumpfen zusammen, sinken herab, verwelken und lösen sich mitunter wie welke Herbstblätter vom Stamme ab, während jene Ranken, die eine Stütze erfaßt haben, viel stärker und dicker werden und auch in ihrem innern Baue eine Reihe von Veränderungen erfahren, welche sie für ihre Aufgaben besonders gut geeignet machen.

Die Stämme mit lichtscheuen Ranken erinnern an die lichtscheuen flechtenden und gitterbildenden Stämme, und wie diese gehören sie Pflanzen an, welche über steile Wände

felsiger Abhänge und über die Borke umfangreicher Bäume hinaufklimmen sollen. Als Stützpunkt zum Anklammern bietet sich in diesen Fällen nur die mehr oder weniger ebene Fläche der Felswand oder des Baumstrunkes. Nach der einen Seite hin würde der Stamm an einem solchen Standorte seine Ranken vergeblich ausstrecken; auf dieser Seite hin ist nur Luft, welche keinen festen Anhaltspunkt bietet, und hier würde auch durch kreisendes Schwingen eine Stütze nicht erreicht werden können. Das beste, was die Ranke thun kann, ist unter diesen Umständen, die feste Wand so rasch wie möglich aufzusuchen, welcher entlang der Stamm hinaufgezogen werden soll. Das Ziel ist demnach in solchen Fällen die von der Lichtquelle abgewendete Seite, und in der That wenden sich die Ranken der hier in Rede stehenden Gewächse diesem Ziele mit großer Beharrlichkeit zu. Je nach der Lage des



Lichtscheue Ranken: 1. Vitis (Ampelopsis) inserta. Vgl. Text, S. 659. — 2. Vitis inconstans.

Punktes, von welchem die Ranke am Stamme entspringt, krümmt sich dieselbe in weniger als 24 Stunden unter einem Winkel von 90—180° und wächst ohne Umschweife, und ohne durch kreisendes Schwingen Arbeitskraft zu verschwenden, der Hinterwand zu, während die von demselben Stamme entspringenden Laubblätter, welche in Licht und Luft gebadet werden sollen, sich in entgegengesetzter Richtung vorstrecken und vor der Wand die für sie günstigste Lage einzunehmen suchen. Der eingeschlagene Weg bringt die Ranke in kurzer Zeit mit der Wand in direkte Berührung, und es handelt sich nun darum, an derselben auch einen festen Halt zu gewinnen. Das geschieht nun entweder durch eigentümliche Haftscheiben oder durch Einkeilen in die dunkeln Klüfte und Risse, welche die stützende Wand darbietet. Mehrere Arten der Gattungen Cissus, Vitis und Ampelopsis entwickeln Haftscheiben. Sobald die in kleinen Knötchen endigenden Gabeläste der in der obenstehend rechts abgebildeten, in Japan und China heimischen, bei den Gärtnern unter dem Namen Cissus Veitchii bekannten Vitis inconstans eine feste Wand berühren, spreizen sie auseinander, ganz ähnlich wie die Zehen eines Laubfrosches, und aus

den kleinen Knötchen werden in kurzer Zeit scheibenförmige Gebilde, die sich mit der Unterlage durch eine aus den Zellen der Scheibe ausgeschiedene zähflüssige Masse verkitten. Dieser Kitt hält nun so fest, daß bei einem Versuche, die Ranke wieder von der Unterlage zu trennen, viel eher der Faden der Ranke zerreißt, ehe daß ein Ablösen der Scheibe erfolgen würde. Auch **Vitis Royleana** und **Ampelopsis hederacea** bilden solche Haftscheiben aus. Hier sind aber anfänglich keine Knötchen an den Verzweigungen der Ranken zu sehen, wie bei **Cissus Veitchii**, sondern die Enden sind hakenförmig gekrümmt und nur unbedeutend verdickt. Sobald diese auf die feste Wand kommen, spreizen die Zweiglein weit voneinander, legen sich seitlich an und ordnen sich in gewissen Abständen in passendster Weise. Innerhalb zweier Tage verdicken sich die gekrümmten Spitzen, färben sich hellrot, und wieder nach zwei Tagen sind die Scheiben fertig. Es ist durch sie die Ranke an die Wand gekittet. Das Anheften kann an ganz ebenen Wänden erfolgen, und selbst gehobeltes Holz, Glas, geschliffene Steine und glatt poliertes Eisen werden als Unterlage nicht verschmäht.

Abweichend von den drei genannten rankenden Pflanzen verhalten sich **Bignonia capreolata** und **Vitis (Ampelopsis) inserta**, von welch letzterer die Ranken in der Abbildung auf S. 658, Fig. 1, dargestellt sind. Hier suchen die gekrümmten Spitzen der lichtscheuen, gegen die Wand wachsenden Ranken die Ritzen, Spalten und Klüfte der Borke oder des geborstenen Gesteines auf und kriechen in dieselben förmlich hinein, oder sie betten sich, wenn nur seichte Furchen in der Unterlage zu finden sind, in diese ein, meiden dagegen möglichst die glatte Oberfläche, welche dieser Form der Ranken keinen entsprechenden Halt geben würde. In den Ritzen und Furchen eingelagert, schwellen die bisher noch hakenförmig gebogenen Enden kolbenförmig oder kugelförmig an und verdicken sich in kurzer Zeit so stark, daß sie die ganze Spalte ausfüllen. Es sieht aus, als hätte man in die Spalte flüssiges Wachs gegossen, das dann erstarrte und sich allen Unebenheiten der Spalte angelegt hat. Die Wucherung des Gewebes erstreckt sich je nach der Tiefe der Spalte und je nach dem Umfange der Kontaktfläche über einen bald größern, bald kleinern Teil des eingelagerten Rankenteiles, und mitunter sieht man auch noch hinter der Spitze, an Stellen, wo sich die Ranke einem kleinen Vorsprunge des Gesteines fest angeschmiegt hat, eine kallöse Verdickung entstehen. Das verdickte Ende der Ranke haftet so fest in der Vertiefung, in welche sie sich förmlich eingekeilt hat, daß es schwer hält, sie aus derselben herauszuziehen, und auch hier scheint eine Kittmasse abgesondert zu werden, welche die Festigung vervollständigt. Untersucht man jene Stellen der Haftscheibe oder der kallösen eingekeilten Verdickungen, welche der Unterlage fest anliegen, unter dem Mikroskope, so sieht man, daß insbesondere die Oberhaut eine merkwürdige Umänderung erfahren hat. Die Oberhautzellen sind vergrößert, warzenförmig oder zapfenförmig vorgestülpt, schmiegen sich allen Erhabenheiten und Vertiefungen der Unterlage an, fassen die kleinsten Vorsprünge zwischen sich, so daß die nach Zusatz chemischer Mittel abgelöste Berührungsfläche einem Siegellacke gleicht, auf das man, solange es noch flüssig war, ein Petschaft gepreßt hatte.

Merkwürdig ist, daß sich die Haftscheiben und kallösen Verdickungen nur dann ausbilden, wenn die Berührung mit einem festen Körper stattgefunden hat. Sobald die Ranke aus was immer für einer Ursache von der Berührung mit einer festen Unterlage abgehalten wird, findet die Wucherung des Gewebes, die Papillenbildung an der Oberhaut und die Ausscheidung einer Kittmasse nicht statt, sondern das Ende der Ranke vertrocknet und stirbt ab. Es erinnert dieser Vorgang lebhaft an die Schwielenbildung der menschlichen Haut und ist wie diese auf Reizung, Reibung und Druck zurückzuführen.

Hat sich die lichtscheue Ranke auf die eine oder andre Art an der Unterlage befestigt, so findet eine schraubige Drehung derselben statt; auch werden die gefestigten Ranken jetzt sehr stark, stets viel kräftiger als jene, deren Spitzen eine Unterlage nicht gefunden haben,

und es ist nun der Stamm, welcher die Ranke ausgesendet, durch die elastisch federnde Ranke an der Steilwand des Felsens oder an der rissigen Borke eines alten Baumstrunkes gefestigt. Kräftige Windstöße können den Stamm etwas von der Wand abdrängen, beim Nachlassen des Windes nimmt der Stamm aber durch Vermittelung der elastischen Ranke seine Ruhelage wieder ein. Wächst der Stamm nachträglich in die Dicke, so wird die ihn festhaltende spiralige Feder so weit ausgezogen, als es eben notwendig ist. Sehr alte Stämme bedürfen der Haftorgane nicht mehr, sie stehen vor der Wand, an der sie sich als junge Reben vor Jahren emporgezogen hatten, als kräftige aufrechte Stämme, wenn auch ihre Ranken schon längst abgedorrt sind; nur die immer höher und höher strebenden jungen Triebe heften sich immer wieder in der oben geschilderten Weise an die Unterlage an.

Der **kletternde Stamm** (stirps radicans) erhält sich über dem nährenden Boden in der durch das Wachstum erreichten Ruhelage mittels **Kletterwurzeln** und benutzt als Stütze die Strünke alter Bäume, steile Felswände und in der Kultur häufig auch Mauern und Holzplanken. Alle kletternden Stämme haben zweierlei Wurzeln, Saugwurzeln, mittels welcher sie wässerige Nahrung aufsaugen, und Kletterwurzeln, welche zur Anheftung an die Stütze dienen. In den meisten Fällen sind die Funktionen dieser zweierlei Wurzeln streng gesondert, so zwar, daß ein kletternder Stamm, wenn er auch mit tausend Kletterwurzeln einem Felsen oder der Borke eines Baumes angeheftet ist, doch alsbald abdorrt und abstirbt, wenn man ihn oberhalb seiner Saugwurzeln durchschneidet. In einigen Fällen dagegen übernehmen die Kletterwurzeln zugleich auch die Rolle von Saugwurzeln, was nun freilich voraussetzt, daß die Unterlage, welcher sie anhaften, auch die nötige Nahrung zu bieten im stande ist.

In mancher Beziehung stimmen die kletternden Stämme mit der zuletzt besprochenen Gruppe rankender Stämme überein, zunächst dadurch, daß die Organe, welche das Festhalten an der Stütze besorgen, lichtscheu sind, und dann auch insofern, als das Anheften an die Stütze mittels einer klebrigen Substanz erfolgt, die entweder von den berührten Zellen ausgeschieden wird oder infolge von Verschleimung aus der äußersten Hautschicht dieser Zellen hervorgeht. Die Lichtscheue der Kletterwurzeln ist eine überaus merkwürdige Thatsache. Ob der Stamm, welcher Kletterwurzeln ausbildet, seiner Unterlage dicht angeschmiegt oder spannenweit von derselben entfernt ist, ob er entlang einer Steinwand aufwärts wächst oder als schlanker Trieb von einer Felswand herabhängt und mit seinem wachsenden Ende an ein vorspringendes Gesimse anstoßend seitlich abschwenkt und in horizontaler Richtung weiterwächst, immer kommen die Warzen und Wülste, welche die ersten Anfänge der Kletterwurzeln bilden, an der vom Lichte weggewendeten Seite des Stammes zum Vorscheine. Und wenn diese kleinen Wülste sich weiterentwickeln und zu Wurzelfasern werden, so ist die Richtung, welche sie bei ihrem Wachstume einhalten, stets vom Lichte abgewendet und gegen die dunkle Hinterwand gerichtet. Je dunkler die Stelle, desto kräftiger die Wurzelfasern. Wenn man die Kletterwurzeln, welche die auf S. 446 abgebildete Tecoma radicans an den dunkelsten Stellen unter einem vorspringenden Gesimse entwickelt hat, mit jenen vergleicht, welche weiter unterhalb an weniger beschatteten Stellen ausgebildet wurden, so ergibt sich, daß erstere stets viel üppiger und länger sind als die letztern. Wird durch irgend einen Zufall ein Trieb, welcher bereits Kletterwurzeln zu entwickeln begonnen hat, aus seiner Lage gebracht und seine frühere Schattenseite dem Lichte ausgesetzt, so dreht sich derselbe so lange, bis seine mit den Anfängen der Luftwurzeln besetzte Seite wieder vom Lichte abgewendet ist. Sollten sich auch dieser Drehung Hindernisse in den Weg stellen, so bleiben die jungen Kletterwurzeln in ihrer Entwickelung zurück, wachsen nicht weiter, sondern welken und vertrocknen.

Sobald dagegen die schattenseitig am Stamme entsprungenen Kletterwurzeln mit einer dahinter stehenden Unterlage in Berührung kommen, wird dadurch ihr Wachstum auffallend

gefördert, und in kürzester Zeit eine feste Verbindung mit dem berührten Substrate hergestellt. Nicht nur, daß die Würzelchen in alle Spalten der Unterlage hineinwachsen und sich den gröbern Unebenheiten auf das genaueste anpassen, auch jede einzelne Oberhautzelle der wachsenden Würzelchen zeigt ein ähnliches Verhalten, schmiegt sich den kleinsten Erhabenheiten und Vertiefungen an und breitet sich an den ganz glatten, ebenen Stellen wie eine plastische Masse aus. Sind die Oberhautzellen schlauchförmig ausgestülpt und als sogenannte Wurzelhaare ausgebildet, so drängen sie sich in die kleinsten Ritzen der Unterlage ein, breiten sich auch fußförmig aus oder gleichen mitunter einer Hand, deren Fläche und deren gespreizte Finger dem Boden aufgestemmt werden. Ähnlich wie die auf S. 80 geschilderten Saugzellen verwachsen auch diese Oberhautzellen der Kletterwurzeln mit der Stütze, der sie sich angelegt haben, und die Verwachsung ist eine so innige, daß bei Anwendung eines kräftigen Zuges viel eher die Würzelchen an ihrer Basis abreißen, als daß eine Trennung an der Verwachsungsstelle stattfinden würde.

Der Form nach werden von den Kletterwurzeln folgende Typen unterschieden. Zunächst dicht zusammengedrängte, einfache oder nur sehr kurz verzweigte fädliche Wurzeln, welche gruppenweise gehäuft, aber doch jede einzeln aus dem Stamme hervorkommen, mit zunehmendem Alter und zunehmender Dicke des verholzenden Stammes sich durch Nachschübe vermehren, mitunter auch paarweise zusammenwachsen und den der Unterlage angeschmiegten Stamm mit unregelmäßigen, aber dichten Reihen besäumen. An ältern Stämmen sind die Kletterwurzeln größtenteils vertrocknet, und jene, welche mit der Unterlage nicht verwachsen konnten, stehen dann nach verschiedenen Seiten ab und bilden häufig struppige Bärte, durch welche der Stamm ein gar wunderliches Ansehen erhält. Als Beispiel für diesen Typus mag der Epheu (Hedera Helix) gelten, von welchem in der Abbildung auf S. 662 alte, an einer Eiche emporkletternde Stämme dargestellt sind.

Ganz anders präsentiert sich die zweite Form, für die wir als Vorbild die zur Überkleidung der Mauern in Gärten häufig gezogene, aus den Südstaaten der Union stammende Tecoma radicans wählen. Die Kletterwurzeln sind hier streng lokalisiert. An jedem Gliede der noch im kräftigsten Wachstume befindlichen lichtscheuen Triebe wird die Oberhaut des grünen Stammes unterhalb der Basis der Blattpaare von zwei blaßgelblichen, $^1/_2$—1 cm langen hahnenkammförmigen Gebilden, welche aus dem Kambium ihren Ursprung nehmen, durchbrochen. Diese Kämme erscheinen warzig, und zwar bemerkt man an jedem derselben vier parallele Längsreihen von Warzen, welche nach vollständiger Durchbrechung der Oberhaut in ebenso viele Reihen von übereinander liegenden, 1—5 cm langen unverästelten oder kurzästigen, fransenförmigen Fasern auswachsen (s. Abbildung, S. 446). Die Oberhautzellen jener Fransen, welche mit einer festen Unterlage in Berührung kommen, verlängern sich zu Wurzelhaaren, beziehentlich zu Papillen und Schläuchen, welche in kürzester Zeit dem Substrate ankleben, dann aber sich bräunen und absterben, also gewiß nicht als Saugwurzeln thätig sind.

Eine hiervon wesentlich abweichende Gestalt zeigen die Kletterwurzeln, welche der berühmte, unter dem Namen „Königin der Nacht“ bekannte, auf der Tafel bei S. 601 abgebildete Cereus nycticalus, dann mehrere tropische Bignoniaceen und insbesondere die in den Gewächshäusern zur Überkleidung der Wände so vielfach verwendete Ficus stipulata zeigen. Bei der zuletzt genannten Pflanze erheben sich die Kletterwurzeln büschelweise im Schatten der grünen Blätter, sind fadenförmig und in viele haardünne spreizende Ästchen aufgelöst, kleben mit Wurzelhaaren an und verbinden dadurch die zarten, biegsamen Stämme mit der Unterlage. Sie werden nicht sehr lang, vertrocknen auch bald, aber dicht hinter ihnen entstehen aus dem inzwischen dicker gewordenen Stamme viel kräftigere Wurzeln, welche an den Wänden wie Schnüre herablaufen, sich vielfach verzweigen und kreuzen,



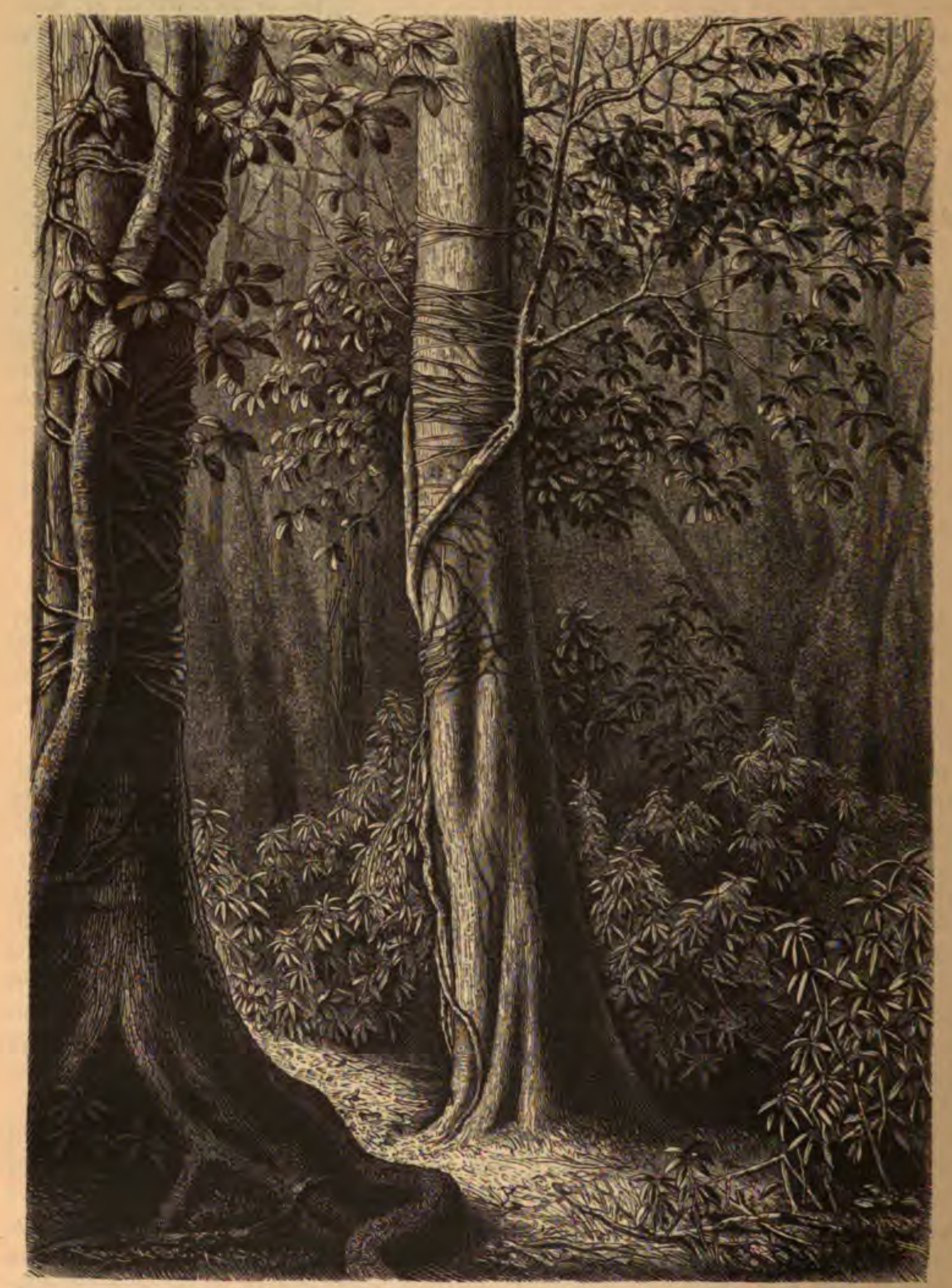
Epheu (Hedera Helix) mit Kletterwurzeln am Stamme einer Eiche befestigt. Vgl. Text, S. 661.

förmliche Netze bilden und oft mehrere Meter lang werden. Diese Wurzeln tragen zur Festigung des Stammes an der stützenden Wand nicht viel bei, sondern sind Saugwurzeln, welche das an der Borke der Bäume und an den Felswänden kondensierte oder dort herabsickernde und an Nährstoffen reiche atmosphärische Wasser aufnehmen.

Als vierter Typus der Kletterwurzeln kann jener betrachtet werden, welchen die Stämme der in der Bergregion des Himalaja heimischen Arten der Gattung Wrightia und mehrere ebendort verbreitete Feigenarten aufweisen. Das Anheften der jungen Triebe erfolgt hier, ähnlich wie bei der früher besprochenen Form, durch feine verästelte, aber nicht besonders verlängerte und alsbald verdorrende Würzelchen. Wenn aber der kletternde Stamm einigermaßen erstarkt ist, so gehen aus ihm viel kräftigere Wurzeln hervor, welche sich wie Klammern um den zur Stütze dienenden Baumstrunk herumlegen und denselben förmlich umgürten. Diese gurtenförmigen Kletterwurzeln verwachsen nicht selten an der Stelle, wo sie aufeinander treffen, nehmen an Umfang zu und erreichen manchmal die Dicke eines menschlichen Armes. Die auf S. 664 stehende, nach einer Photographie aus dem Darbschiling in Himalaja entworfene Abbildung zeigt solche Stämme, welche an die astlosen Strünke hoher Bäume wie angebunden erscheinen, und die sich erst oberhalb ihrer gürtelförmigen Kletterwurzeln von der Unterlage etwas abbiegen, verästeln und reichbelaubte Zweige entwickeln.

Manche tropische Feigenarten, welche als Repräsentanten eines fünften Typus gelten können, zeigen die Eigentümlichkeit, daß die der Unterlage angeschmiegten Kletterwurzeln sich verflachen und wie eine teigartige, plastische Masse sich ausbreiten, daß die bei dieser Ausbreitung zusammenstoßenden Wurzeln miteinander verschmelzen, und daß auf diese Weise unregelmäßige Gitter, mantelförmige, nur hier und da durch Lücken unterbrochene Hüllen und förmliche Inkrustationen gebildet werden, welche dem stützenden Strunke auflagern und ihm fest angeschmiegt und angekittet sind, ohne aber mit ihm zu verwachsen und Nahrung aus ihm zu beziehen. Manchmal ist nicht der Strunk des zur Stütze dienenden Baumes, sondern es sind dessen Äste mit den verflachenden Klammerwurzeln des kletternden Stammes inkrustiert, und häufig senkt der letztere auch noch Luftwurzeln zur Erde herab, welche sich wie Säulen und Pfeiler ausnehmen, während die über den inkrustierenden Wurzeln sich erhebenden belaubten Äste sich mit den Ästen des stützenden Baumes kreuzen und verwirren, so daß man beim ersten Anblicke oft kaum zu unterscheiden weiß, was der stützenden und was der kletternden Pflanze angehört. Die Abbildung auf S. 666, die getreue Wiedergabe einer von Selleny auf Kondul, einer kleinen nikobarischen Insel, ausgeführten Zeichnung, zeigt einen dieser merkwürdigen Kletterer mit verflachenden, die Stütze inkrustierenden Wurzeln, nämlich Ficus Benjamina auf einem stützenden Myrtaceenbaume, welch letzterer aber unter der Last seines Bedrückers sichtlich leidet und bereits im Absterben begriffen ist.

Diese Gewächse sind in den Tropen unter den Namen Baumwürger bekannt. Wenn sie ihre Stütze auch nicht aussaugen, wie man früher geglaubt hat, so sind sie für dieselbe doch gewiß nicht gleichgültig und können, gleichwie die strangulierenden, auf S. 148 und 149 besprochenen und abgebildeten Schlingstämme, ihre lebendige Stütze krank machen und töten. Der überwundene Baum vermodert, und sein Holz zerfällt; vielleicht tragen auch Termiten das ihrige bei, um den Rest des abgestorbenen Strunkes zu entfernen; der kletternde Stamm mit seinen verflachten Kletterwurzeln erhält sich aber noch lebendig, er hat sich mit den pfeilerförmigen Luftwurzeln inzwischen eine genügende Stütze aus eignen Mitteln geschaffen und ist durch sie vor dem Umfallen gesichert. Mit Verwunderung erblickt man dann diese sonderbar verkrümmten und durchlöcherten Platten und mitunter als förmliche Röhren ausgebildeten Kletterwurzeln, welche von Stelzen getragen werden, und über welche sich belaubte



Ficus mit gurtenförmigen Kletterwurzeln, aus dem Dardschiling im Sikkim-Himalaja. (Nach einer Photographie.) Vgl. Text, S. 663.

Zweige erheben. Stirbt endlich auch diese ihrer ursprünglichen Stütze längst beraubte kletternde Pflanze ab, so bleichen ihre Wurzeln und Stammgebilde, und es heben sich ihre seltsamen Formen, in welchen, um mit Martius zu sprechen, „die erregte Phantasie

abenteuerliche Gespenster und riesenhafte gefräßige Ungeheuer zu erkennen vermeint", unheimlich vom dunkeln Hintergrunde des tropischen Urwaldes ab.

Ebenso mannigfaltig wie die in obigen Zeilen übersichtlich geschilderte Gestaltung ist auch die Art und Weise, wie die Kletterwurzeln mit dem zur Stütze dienenden Gegenstande in Berührung gebracht werden. Daß alle Kletterwurzeln lichtscheu sind, und daß sich infolgedessen ihre wachsende Spitze den Felswänden und astlosen säulenförmigen Baumstrünken, vor welchen die betreffenden Kletterstämme stehen, zuwendet, wurde bereits erwähnt. Ist die Entfernung des zum Klettern vorbereiteten Stammes von der zur Stütze dienenden Wand keine große, so wachsen die lichtscheuen Kletterwurzeln so lange geradlinig fort, bis sie auf die Wand treffen. Es ist das bei den kletternden Pflanzen der gewöhnlichste Fall. Mehrere Aroideen und Feigenarten und insbesondere unser Epheu (Hedera Helix), deren Sprosse sich irgendwo dem Fuße eines Baumstrunkes oder einer Felswand angelegt haben, entwickeln dicht unter dem fortwachsenden Sproßgipfel Kletterwurzeln, welche nach kurzem Wachstume die Wand erreichen und dort das Stammstück, von dem sie ausgegangen sind, anheften. Das geht langsam fort und fort, und man empfängt den Eindruck, als ob der Sproßgipfel über die Unterlage in die Höhe kriechen würde. Jedenfalls ist das die einfachste Art, wie kletternde Stämme sich befestigen. Weit komplizierter ist schon der Vorgang, durch welchen die zum Klettern vorbereiteten Stämme der oft genannten Tecoma radicans angeheftet werden. Diese Stämme sind auffallend lichtscheu. Hat man Tecoma radicans vor eine mit Lattenwerk verkleidete Mauer gepflanzt, so wenden die zum Klettern bestimmten, kräftig wachsenden Sprosse sich vom Lichte ab, schlüpfen hinter das Lattenwerk und legen sich mit jenen Stengelgliedern, an denen die Kletterwurzeln wie kleine Hahnenkämme vorbereitet sind, an die Mauer an. Kaum mit der festen Unterlage in Berührung gebracht, wachsen die kleinen, bleichen Würzelchen des hahnenkammförmigen Wulstes zu fransenförmigen Fäden aus, die sich der Mauer äußerst fest anheften. Nun verläßt der wachsende Sproß nicht mehr das Mauerwerk, sondern bleibt demselben angelegt, immer die dunkelsten Stellen unter vorspringenden Ziegeln, Steinen und Balken aufsuchend und sich absatzweise mit stets neuen Klammerwurzeln befestigend.

Der merkwürdigste Vorgang, durch welchen die zum Klettern vorbereiteten Sprosse an die zur Stütze sich darbietende Wand gelangen, wird aber an mehreren tropischen Bignoniaceen aus der Verwandtschaft der Bignonia unguis beobachtet, von welchen eine, nämlich die am Rio Negro in Brasilien heimische Bignonia argyro-violacea, durch die Abbildung auf S. 668 dem Leser vorgeführt ist. Diese Pflanze trägt zweierlei Blätter; die einen sind ungeteilt, und ihre Spreite erreicht an den ältern, dickern Stämmen ein bedeutendes Ausmaß; die andern tragen, ähnlich wie die Blätter der Platterbsen (Lathyrus), an einem Stiele zwei gegenständige Teilblättchen und endigen mit einem Gebilde, welches sich in drei mit spitzen, hakenförmig gekrümmten Krallen besetzte Zehen spaltet und dem Fuße eines Raubvogels frappant ähnlich sieht.

Die Entwickelung dieses bekrallten Greiforganes eilt jener der Teilblättchen stets voraus, so zwar, daß in den allerjüngsten Stadien die grünen Teilblättchen nur als winzige Schüppchen zu bemerken sind. Die in Krallen endigenden Blätter finden sich nur an jenen Stämmen, welche sozusagen noch auf der Suche nach einer festen, sichern Stütze für die später zu entwickelnden blühenden und fruchtenden Sprosse begriffen sind. Diese Stämme aber sind dünn, sehr verlängert, schieben unermüdlich immer wieder neue Stengelglieder vor, hängen von dem Baume, dessen Borke bereits ganz übersponnen ist, und die für eine neue Ansiedelung keinen Raum mehr bietet, in Gestalt langer Fäden herab und werden als Spiel des Windes leicht ins Schwanken gebracht. Am Ende jedes Fadens sieht man zwei jugendliche Blätter gegenübergestellt, an deren jedem aber vorerst nur die drei bekrallten Zehen



Ficus Benjamina mit inkrustierenden Kletterwurzeln. (Nach der Natur von Selleny.) Vgl. Text, S. 663.

entwickelt sind, die, wie bei einem Raubtiere, zum Fange ausgestreckt erscheinen. Trifft der im Winde schwankende Sproß heute noch auf keine Unterlage, die er mit seinen Krallen erfassen könnte, so beugen sich die bekrallten Blätter zurück, die Organe, welche vergeblich zum Fange ausgestreckt waren, werden eingezogen, schließen häufig wie zwei über die Brust gekreuzte Arme am dünnen Stamme zusammen und bergen sich unter den inzwischen zu lanzettlichen Spreiten ausgewachsenen Teilblättchen. Bis morgen hat sich der fadenförmige Stengel um ein neues, mit zwei bekrallten Blättchen ausgerüstetes Stück verlängert, wieder sind die beiden dreizehigen Greiforgane ausgestreckt, wieder pendelt der fadenförmige Stengel im Winde, in der Erwartung, einen festen Punkt erfassen zu können; dasselbe wiederholt sich auch übermorgen und überübermorgen, und endlich kommt wohl der Tag, an dem der Faden so lang geworden ist, daß die Krallen an seiner Spitze beim Hin- und Herschwanken an einer geeigneten Unterlage hängen bleiben, daß der ausgeworfene Anker festen Grund fassen kann. Damit ist aber auch die Zeit für die Entwickelung der Klammerwurzeln gekommen, welche den Stamm noch weit fester an die Unterlage zu fixieren haben, als es die Krallen zu thun vermöchten. Die Klammerwurzeln sind eigentlich an jedem Knoten des fadenförmigen Stammes in Form kleiner Warzen schon vorbereitet, aber an den in der Luft schwebenden Stammteilen verkümmern sie; nur an jenem Stücke des Stammes, welches einer geeigneten Unterlage angedrückt wird, wachsen sie aus, verlängern sich und bilden Seitenäste, wie es an der Abbildung auf S. 668 zu sehen ist. Hat es nun diese merkwürdige Bignonia gut getroffen, das heißt, haben sich die bekrallten Spitzen ihrer im Winde schwankenden Stengel an einem Baume verankert, dessen Borke noch nicht von andern Kletterpflanzen überwuchert war, konnte sich dort das Ende des Stammes anlegen, durch Kletterwurzeln festigen und Saugwurzeln ausbilden, so nehmen auch die von diesem neuen Ansiedelungspunkte ausgehenden Sprosse eine ganz andre Form an, sie erscheinen gedrungener und kräftiger, entwickeln einfache Blätter ohne Krallen und können auch Blüten entfalten und Früchte reifen. Bietet dann nach einiger Zeit auch diese neubegründete Kolonie keinen genügenden Raum mehr für die üppig wuchernde Pflanze, so sendet sie wieder die oben beschriebenen, mit Krallen ausgerüsteten Fäden aus, um einen weitern Platz zur Ansiedelung zu gewinnen.

Überblickt man nochmals die mannigfaltigen Formen der mit Wurzeln kletternden Pflanzen, so drängt sich unwillkürlich der Vergleich mit jenen Gewächsen auf, deren Stämme der Erde auflagern und an dieser mit ihren Wurzeln befestigt sind. Die kletternden Stämme des Epheus erinnern an die Stämme des Sinngrüns, die kletternden Stämme der Pothosarten an die kriechenden Stämme der Schlangenwurz (**Calla palustris**), die kletternden Stämme der **Tecoma radicans** an die Schößlinge der Erdbeerpflanze. Der einzige Unterschied ist eigentlich nur darin gelegen, daß als Unterlage in dem einen Falle die Erdoberfläche, als Unterlage der kletternden Stämme die steil aufgerichtete Fläche von Felsen und Baumstämmen erscheint. Und auch dieser Unterschied wird bei dem Epheu eigentlich illusorisch. Epheustämme, welche über steinigem Boden fortwachsen, heften sich an den horizontal liegenden Steinplatten mit Kletterwurzeln genau in derselben Weise an wie an senkrecht abstürzende Felswände. Ist in den Ritzen dieser Steinplatten Erde eingelagert, so werden dort die Kletterwurzeln zu wahren Saugwurzeln, besorgen also nicht nur die Festigung des Stammes an die Unterlage, sondern auch die Aufnahme der Nahrung. Aber auch die an der steilen Felswand emporkletternden Epheustämme verhalten sich so. Die Wurzeln, welche von dem über die nackte Steinwand wachsenden Stammteile ausgehen, sind Kletterwurzeln, sobald aber der Stamm fortsprossend auf eine mit Erde erfüllte tiefe Kluft trifft, so werden die sich dort entwickelnden Wurzeln gerade so zu Saugwurzeln wie jene, welche der über den Waldgrund hinkriechende Epheu in die Tiefe der Erde senkt.

Nach alledem kann eine scharfe Grenze zwischen den kletternden und kriechenden Stämmen wohl nicht gezogen werden. Anderseits ist nicht zu verkennen, daß ein Teil der kletternden Stämme auch den Übergang zu den aufrechten Stämmen vermittelt. Der Epheu, die **Tecoma radicans**, die kletternden Feigenarten, ja selbst mehrere tropische Aroideen, wie beispielsweise die brasilische **Marcgravia umbellata**, zeigen die Eigentümlichkeit, daß ihr Stamm, sobald er über die Baumsäulen oder steilen Felswände in die lichten, sonnigen Höhen emporgekommen ist, sein Wachstum vollständig ändert. Die dort oben sich



Bignonia argyro-violacea, vom Ufergelände des Rio Negro in Brasilien. Vgl. Text, S. 665 und 667.

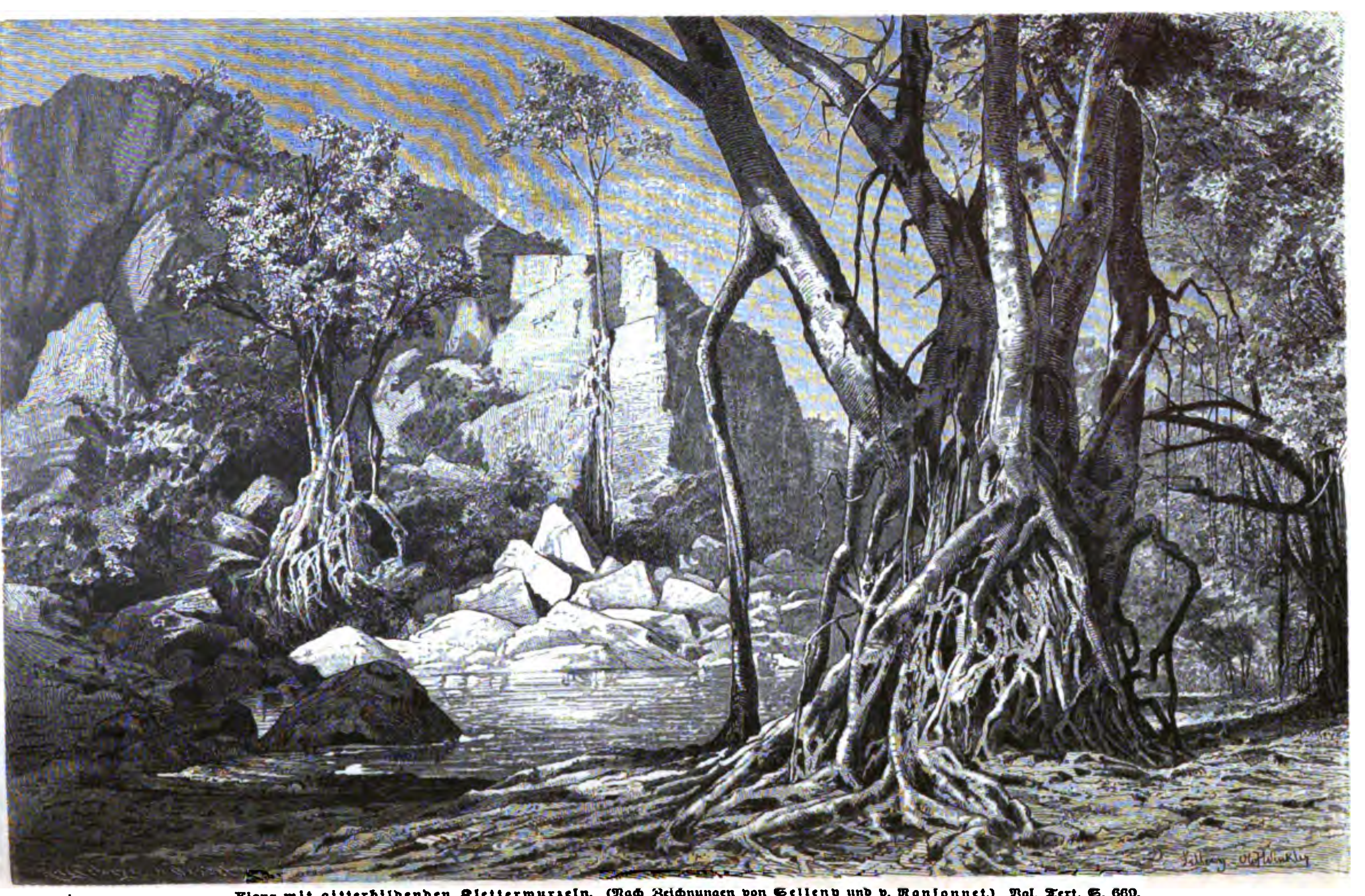
entwickelnden Sprosse sind nicht mehr lichtscheu, sie bereiten auch keine Kletterwurzeln zum Anheften an die Unterlage vor, der Holzkörper wird umfangreicher, der Hartbast, welcher den Holzkörper umgibt, entwickelt sich auffallend stärker, die Triebe stehen jetzt nicht nur ohne Stütze aufrecht, sondern sind auch biegungsfest geworden, entwickeln honigreiche Blüten, welche in der sonnigen Höhe von Bienen, Fliegen und Faltern aufgesucht, und reife Früchte und Samen, welche von dem leichtbeschwingten Volke der Vögel oder von den über die Baumgipfel brausenden Winden weithin verbreitet werden. Die im Sonnenlichte gebadeten, aufrechten Sprosse des Epheus und der kletternden Feigenarten entfalten auch Laubblätter, welche von jenen der kletternden Sprosse in Größe, Zuschnitt und Berandung, ja auch

im innern Baue auffallend verschieden sind. Wer nur die langen fädlichen Triebe der zur Überkleidung der Wände in den Gewächshäusern benutzten Ficus stipulata kennt und dann gelegentlich die kräftigen, aufrechten, mit großem Laube und mit Feigen besetzten obern Triebe derselben Pflanze sieht, hält es für unmöglich, daß beide einem und demselben Stocke angehören. Die aufrechten, mit herzförmigen glänzenden Laubblättern geschmückten Stämme des Epheus als Stecklinge oder Pfropfreiser behandelt treiben Saugwurzeln in die Erde und verzweigen sich, aber merkwürdigerweise werden die Sprosse, welche sie entwickeln, auch wenn sie nun dicht über der Erde entspringen, nicht zu kletternden Stämmen, sondern zeigen genau denselben Bau, dieselbe aufrechte Stellung und dasselbe Laub wie die Sprosse am obersten Saume einer Felswand oder am Gipfel eines hochstämmigen Baumes. Wer solchen im Topfe kultivierten Epheu zum erstenmal sieht, ist versucht, denselben für irgend eine aufrechte tropische Aralia zu halten, und selbst gewiegte Gärtner und Pflanzenkenner können durch solche Stöcke irre geführt werden. Unwillkürlich wird man beim Anblicke der in ihrer äußern Gestalt und im innern Baue so abweichenden aufeinander folgenden Sproßbildungen auch an den Generationswechsel, wie er sich bei den Gefäßkryptogamen vollzieht, erinnert, um so mehr, als die kletternden Sprosse, welche den aufrechten blühenden Sprossen vorhergehen, niemals Blüten und Früchte entwickeln, also gewissermaßen eine ungeschlechtliche Generation darstellen.

Mehrere indische Feigenarten, deren Stämme an Felswänden hinaufklettern und sich an diese mit gurtenförmigen, verflachenden, teilweise auch zu Gittern verwachsenden Wurzeln anlegen, treiben, auf dem obern Rande der Felswand oder auf der Kuppe eines Steinblockes angelangt, einen aufrechten Stamm mit großem Laubwerke. Die ganz anders geformten Blätter des über die Felswand emporgeklommenen Stammes sind längst abgefallen und spurlos verschwunden. Überhaupt ist dieser kletternde Stamm, welcher die erste Generation repräsentierte, kaum mehr zu erkennen, nur die von ihm ausgegangenen Klammerwurzeln, welche sich inzwischen noch sehr verdickt haben und großmaschige, über die Steine gebreitete Gitter darstellen, treten in auffallendster Weise hervor. Wer die Entwickelungsgeschichte dieser Feigenarten nicht kennt, glaubt, daß die auf dem Scheitel eines Steinblockes oder in der Kluft einer Felswand aufrecht stehenden Stämme an jener Stelle, wo sie sich in die Luft erheben, auch aufkeimten und von dort ein Netz von Luftwurzeln über das Gestein nach abwärts senkten. Diese Vorstellung, die sich jedem zunächst aufdrängen wird, welcher die beiden an der linken Seite des Bildes auf S. 670 naturgetreu dargestellten Feigenbäume betrachtet, entspricht aber nicht dem thatsächlichen Entwickelungsgange. Die gitterförmigen, dem Gesteine anliegenden Wurzeln wurden nicht von dem darüber aufragenden Bäumchen ausgesendet, sondern sind seiner Zeit von dem Kletterstamme ausgebildet worden, der mit ihrer Hilfe die Höhe erklommen hatte und, dort angelangt, in einen aufrechten, frei in die Luft hineinwachsenden Stamm überging. Man muß sich übrigens hüten, zu verallgemeinern und alle derlei Wurzelbildungen auf Kletterwurzeln zurückzuführen. In den Tropen fehlt es auch nicht an Pflanzen, deren Pfahlstämme Luftwurzeln nach abwärts senden, welche sich vielfach verzweigen und dann den gitterförmigen Kletterwurzeln täuschend ähnlich sehen.

Aufrechte Mittelblattstämme.

Das Hochgebirge und die Länder des arktischen Gebietes beherbergen vorwaltend Gewächse mit liegenden und in dem Boden geborgenen Stämmen, und selbst die Mehrzahl der verholzten Stammgebilde ist dort dem Erdreiche oder dem Gesteine angeschmiegt und



Ficus mit gitterbildenden Kletterwurzeln. (Nach Zeichnungen von Selleny und v. Ransonnet.) Vgl. Text, S. 660.

eingebettet. Diesen unterirdischen oder liegenden Hauptstämmen entsprießen allerdings häufig Seitenstämme, welche sich lotrecht über den Boden erheben, aber diese sind nicht belaubt oder tragen nur an der Basis grüne Laubblätter, schließen mit einzelnen Blüten oder mit Blütengruppen ab, haben das Ansehen von Blütenstielen oder Schäften und sind zumeist als Hochblattstämme aufzufassen. Die wenigen blütenlosen aufrechten Mittelblattstämme, welche in jenen frostigen Geländen angetroffen werden, sind alle sehr kurz, gewöhnlich zu Rasen dicht zusammengedrängt oder in zahlreiche aufrechte Ästchen aufgelöst, und erheben sich selten höher als eine Spanne über den Boden. Außer dem Typus der niedern, holzigen Sträucher tritt dort von aufrechten Stämmen nur noch der Halm und der krautige Stengel auffallender hervor. Wer aus der Hochgebirgsregion thalwärts und aus der arktischen Zone südwärts wandert, begegnet dann neben diesen Formen auch noch dem Röhrichte, hohen Stauden und Bäumen, und noch weiter gegen den Äquator zu sieht er von aufrechten Stämmen auch noch Nopale, Bambus und Palmen auftauchen.

Wir gebrauchen hier für die in der Landschaft hervortretenden Formen des aufrechten Hochblattstammes die vom Volksmunde geschaffenen Ausdrücke Strunk, Halm, Stengel und Holzstamm, von denen zwar jeder zu wissen glaubt, was sie bedeuten, welche auch in die Sprache der Wissenschaft Eingang gefunden haben, die sich aber, wenn man näher zusieht, für die Nomenklatur der aufrechten Stämme doch nicht recht geeignet zeigen. Es gibt ja auch niederliegende Halme, niederliegende Stengel und niederliegende Holzstämme, und es ist daher eigentlich nicht gerechtfertigt, diese Benennungen nur auf die aufrechten Stammformen in Anwendung zu bringen. Es wurde darum auch der Vorschlag gemacht, jeden aufrechten Stamm, welcher am besten mit einem Pfahle verglichen werden kann, als Pfahlstamm (stirps palaris) zu bezeichnen und den Namen der verschiedenen aufrechten Stämme das deutsche Wörtchen „Pfahl", beziehentlich das lateinische palaris beizusetzen. Die durch diese Verbindung entstehenden Namen würden eine Verwechselung nicht zulassen, leiden aber an Schwerfälligkeit, sind auch ungewohnt und scheinen im vorliegenden Buche nicht am Platze zu sein. Aus diesen Gründen ziehe ich vor, zur übersichtlichen Darstellung doch die landläufigen, oben erwähnten einfachen Ausdrücke in Anwendung zu bringen, allerdings mit dem Vorbehalte, daß sich dieselben hier nur auf Pfahlstämme beziehen.

Als Urbild eines Pfahlstammes würde jedenfalls der Nopalstamm hinzustellen sein, zumal jene riesigen Formen desselben, welche, auf dem mexikanischen Hochlande heimisch, eine Höhe von 15 m erreichen, und von denen eine Gruppe auf der Tafel bei S. 601 nach einer Photographie dargestellt ist. Diese machen vollständig den Eindruck von Pfählen, welche man in den Boden eingerammt hat, damit sie die Grundfeste für ein weiter aufzubauendes Gerüst abgeben. Da diesen Stämmen aber die Laubblätter fehlen, oder, besser gesagt, da bei ihnen die Blätter in Dornen metamorphosiert sind und die sonst von dem Laube besorgte Bildung organischer Stoffe bei den Nopalen von der grünen Rinde übernommen wird, so sind sie nicht eigentlich zu den Mittelblattstämmen zu zählen und können hier nur nebenbei eine Erwähnung finden.

Aus der Reihe laubtragender aufrechter Stämme kann jedenfalls der Strunk (cauloma, caudex) am meisten Anspruch machen, mit einem Pfahle verglichen zu werden. Namentlich ist es die in den schlanken Palmen zum Ausdrucke kommende Form, die man den säulenartigen Strunk (caudex columnaris) nennt, welche allen voranzustellen ist. Die auf der Tafel bei S. 672 vorgeführte Gruppe von „Palmyrapalmen am Strande von Ceylon", eine Kopie eines von Königsbrunn nach der Natur ausgeführten großen Aquarelles, vermag eine anschauliche Vorstellung dieser Form des Strunkes zu geben. Gewöhnlich wird die Höhe der Palmen sehr überschätzt; insbesondere die einzeln stehenden Stämme ist man versucht, viel höher zu veranschlagen, als sie wirklich sind. Es beruht das auf einer

optischen Täuschung, ähnlich wie bei dem Abschätzen der Höhe von Bergen. Ein isolierter, mit steilen Wänden aufragender Berggipfel wird beim ersten Anblicke immer für höher gehalten als ein langgezogener Rücken, der mit sanften Gehängen allmählich ansteigt, wenn beide auch genau dieselbe Elevation zeigen, und so geht es einem auch bei dem Abschätzen der Höhe von Stämmen. Die isoliert aus niederm Gestrüppe aufragende Palmyrapalme scheint bei flüchtiger Betrachtung weit höher als eine in betreff der Stammhöhe thatsächlich gleich hohe Baumart, die, im geschlossenen Bestande wachsend, mit ihren Wipfeln sich nur wenig über andre Baumkronen erhebt. Den höchsten säulenförmigen Strunk besitzt **Ceroxylon andicola**, eine in den Anden heimische Palme, von welcher Stämme im Ausmaße von 57 m nachgewiesen sind. Der Strunk der Kokospalme (**Cocos nucifera**) erreicht die Höhe von 32 m, jener der auf der beigehefteten Tafel abgebildeten Palmyrapalme (**Borassus flabelliformis**) 30 m. Die meisten andern Palmen bleiben aber unter dieser Höhe zurück, und für eine große Zahl ist 20 m das Äußerste, was sie erreichen. Die sogenannte Zwergpalme (**Chamaerops humilis**) wird nur 4 m hoch, und es gibt auch Palmen, deren Strunk sich kaum über den Boden erhebt.

Auch die Strünke der Baumfarne und der Cycadeen bleiben verhältnismäßig niedrig. Wenn Reisende von den riesigen Strünken der Baumfarne erzählen, so ist das eben nur im Vergleiche zu den Stämmen der in unsern europäischen Wäldern vorkommenden Farne gemeint, welch letztere sich mit ihren Strünken entweder gar nicht oder, wie jene des Straußfarnes (**Struthiopteris Germanica**), nur 10 cm über den Boden erheben. Der neuseeländische Baumfarn **Balantium antarcticum** erreicht bei einem Durchmesser von 40 cm eine Höhe von 3 m, und der Strunk der **Alsophila excelsa** wird bei einer Dicke von 60 cm: 22 m hoch. Die Cycadeen erreichen kaum jemals diese Höhe, ebensowenig wie die verschiedenen andern Blütenpflanzen, welchen ein Strunk zukommt, wie namentlich die Arten der Gattungen **Yucca**, **Dracaena**, **Urania**, **Pandanus**, **Aloë**, **Xantorrhoea**. Der berühmte Drachenbaum (**Dracaena Draco**) von Orotava, dessen Alter auf 6000 Jahre geschätzt wird, zeigt bei einem Umfange von 14 m die Höhe von 22 m.

Der Strunk ist in der Mehrzahl der Fälle einfach, nur mehrere Pandaneen und Drachenbäume und unter den Palmen die im Nilgebiete heimische Dumpalme **Hyphaena Thebaica** sowie die **Hyphaene coriacea** gabeln sich und entwickeln einige kurze Äste, wenn ihr Hauptstrunk ein höheres Alter erreicht hat. Manche Strünke, so z. B. jene der Baumfarne **Alsophila antarctica** und **Todea barbata**, sind ganz mit kurzen Luftwurzeln überdeckt, wodurch ihre Oberfläche ein eigentümliches struppiges Aussehen erhält. Manche Strünke sind auch mehr oder weniger reich mit Dornen besetzt. Für das Aussehen der meisten ist es von Bedeutung, ob die abgestorbenen Blätter über der Basis abbrechen, so daß die Blattscheiden zurückbleiben, oder ob die Blattscheiden sich zugleich ablösen und eine Narbe am Strunke zurücklassen. Im erstern Falle ist der Strunk bald mit Leisten und Schuppen, bald mit Fasern und trocknen Häuten oder auch mit kurzen starren Stummeln der verschiedensten Gestalt bekleidet, im letztern Falle mit ringförmigen oder schildförmigen Narben besetzt. Die Strünke der **Caryota** (s. Abbildung, S. 286) werden nach dem Ablösen der Blätter ganz glatt, haben das Ansehen eines riesigen Halmes und bilden auch den Übergang von den Strünken zu jenen Formen des Stammes, welche man unter dem Namen Halm zusammenfaßt.

Die Stammgebilde, welche unter dem Namen Halm (**culmus**) begriffen werden, sind in betreff ihrer Größe fast noch abweichender als die Strünke und können in folgende, allerdings nicht scharf abzugrenzende Gruppen zusammengestellt werden. Zunächst der Halm im engern Sinne, welcher jene Formen umfaßt, deren Stammdurchmesser $^1/_2$ cm nicht überschreitet, dann das Rohr, welches nicht verästet ist, dessen Stengelglieder stets von langen Scheiden umschlossen werden, und dessen Stamm einen Durchmesser von $^1/_2$ bis 5 cm aufweist,



PALMYRA-PALMEN AM STRANDE VON CEYLON.

(Nach Aquarell von v. Konigsbrunn.)

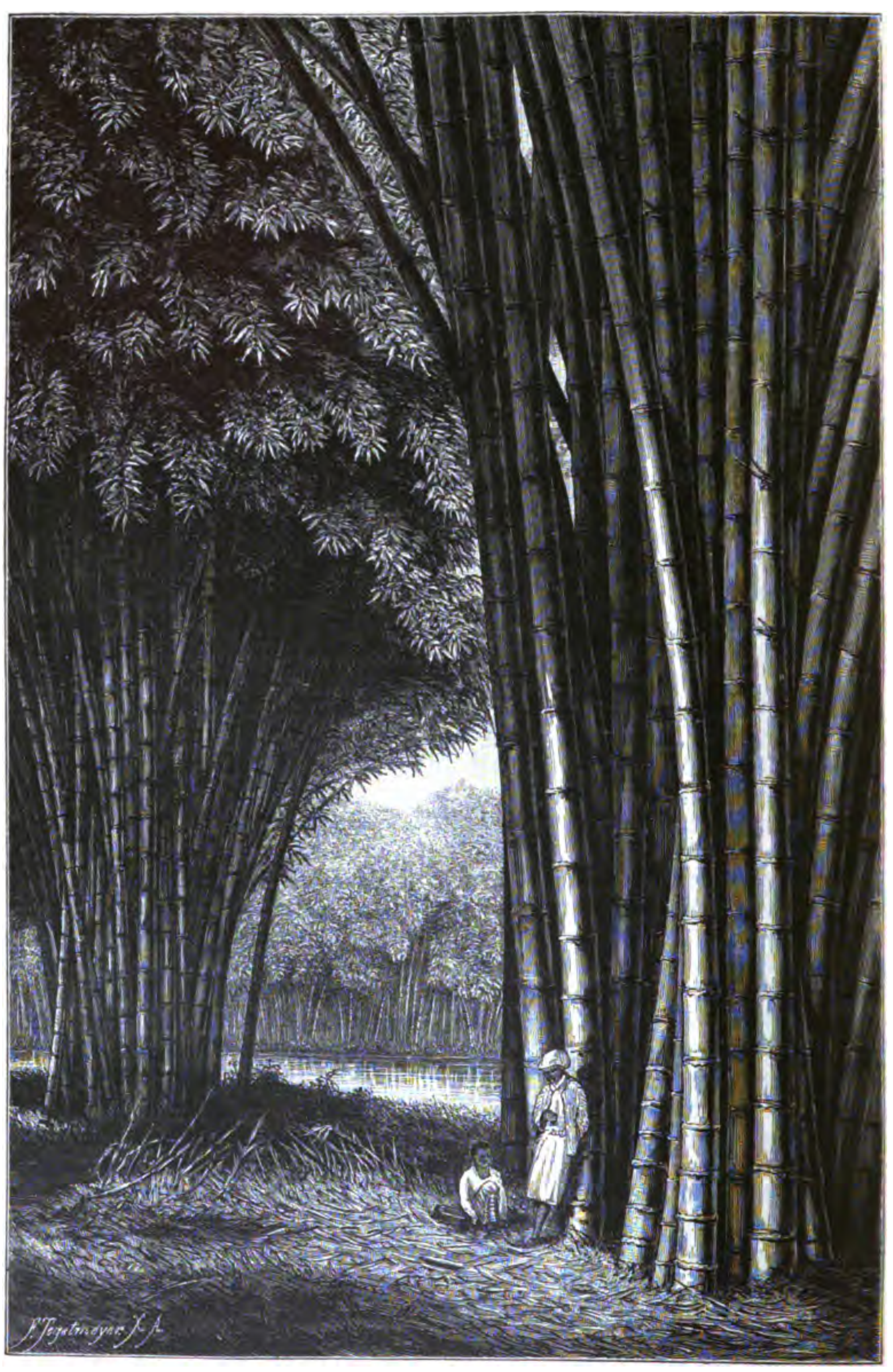
weiterhin der Bambus, der sich in zahlreiche Äste teilt, kurze Blattscheiden besitzt und einen ganz eigentümlichen anatomischen Bau zeigt, auf welchen im nächsten Kapitel zurückzukommen sein wird. Die großartigste Entwickelung erfährt der Halm im Bambus und zwar in jener Art, welche durch die Abbildung auf S. 674 dargestellt wird, und die eine Höhe von 25 m und eine Dicke von über 1/2 m erreicht. Von diesem einen Extreme bis zu dem fadendünnen, 2—3 cm langen Hälmchen mehrerer einjähriger Gräser der mittelländischen Flora läßt sich eine ununterbrochene Übergangsreihe herstellen, in deren Mitte ungefähr das südliche Rohr (Arundo Donax) mit einer Höhe von 4 m und einem Durchmesser von 5 cm zu stehen kommt. Der Schafthalm der Equisetaceen hat keine grünen Laubblätter und gehört ebensowenig hierher wie der Schaft der Binsen und Simsen, für welch letztern man in der botanischen Kunstsprache den Namen Kalm (calamus) eingeführt hat.

Der Stengel (caulis) verholzt nicht, erhält sich nur eine Vegetationsperiode hindurch grün und stirbt dann ab. Der Stengel der ein- und zweijährigen, unter den Namen Kräuter (herbae) begriffenen Pflanzen wird Krautstengel (caulis herbaceus), jener der ausdauernden Gewächse Staudenstengel (caulis suffruticosus) genannt. Unter dem Namen Staude (suffrutex) versteht man nämlich die ausdauernden Gewächse, welche aus ihrem unterirdischen Stamme alljährlich Sprosse hervortreiben, die nicht verholzen, sondern mit Beginn des Winters abdorren, wie z. B. der Attich (Sambucus Ebulus), die Nelkenwurz (Geum urbanum) und der Wiesensalbei (Salvia pratensis). Während der Strunk und Halm meistens einen runden Querschnitt haben, ist der des Stengels häufig drei-, vier- und vieleckig. Es laufen an seinem Umfange Längsleisten herab, deren Bedeutung auf den nächsten Blättern noch ausführlicher besprochen werden soll. Auf die Extreme in betreff der Größenverhältnisse der Stengel wurde bereits auf S. 615 hingewiesen.

An der eben citierten Stelle wurde auch erwähnt, daß die Triebe der Holzpflanzen im ersten Jahre grün und krautig erscheinen, ganz das Ansehen von Stengeln haben und von den Botanikern in den Beschreibungen der Pflanzen auch Stengel genannt werden. Es empfiehlt sich aber, jene oberirdischen ausdauernden Triebe, welche nachträglich verholzen, nicht Stengel, sondern Reiser zu nennen. Für jene Reiser, welche häufig aus alten Holzstämmen und auch aus den unterirdischen holzigen Wurzeln emporwachsen, findet man auch den Namen Loden gebraucht.

Der Holzstamm (truncus) bleibt entweder bis zu einer bedeutenden Höhe ohne Äste und wird dann baumartig (truncus arborescens) geheißen, oder er ist sehr kurz, und seine Äste entstehen nahe dem Boden, in welchem Falle er strauchartig (truncus frutescens) genannt wird. Man unterscheidet in der beschreibenden Botanik auch nach der Größe den Baum (arbor) im engern Sinne und das Bäumchen (arbuscula), den Strauch (frutex) und das Sträuchlein (fruticulus). Für Sträucher, deren jährliche Triebe bis zur nächsten Vegetationsperiode nur an der Basis verholzen, an den Spitzen dagegen verdorren und absterben, also einen Übergang zu den oben erwähnten Stauden bilden, kann man den Ausdruck Halbstrauch (semifrutex) in Anwendung bringen.

Von diesen Formen des Holzstammes nimmt der durch seine Massenhaftigkeit besonders hervortretende Baum naturgemäß das Interesse am meisten in Anspruch und zwar nicht nur das wissenschaftliche des Botanikers, sondern auch das künstlerische des Landschaftsmalers, das praktische des Forstwirtes und Gärtners und das ästhetische jedes Naturfreundes. Unter allen Gestalten der Pflanzenwelt sind die Bäume diejenigen, welche am besten gekannt sind; sie haben in allen Sprachen ihre besondern Namen erhalten, die verschiedenen Völkerschaften haben sich einzelne Arten ihres Heimatslandes zu Lieblingen erkoren und sie als Nationalbäume in ihren Liedern verherrlicht, und selbst in den religiösen Anschauungen und Gebräuchen alter und neuer Zeit spielten und spielen Bäume eine

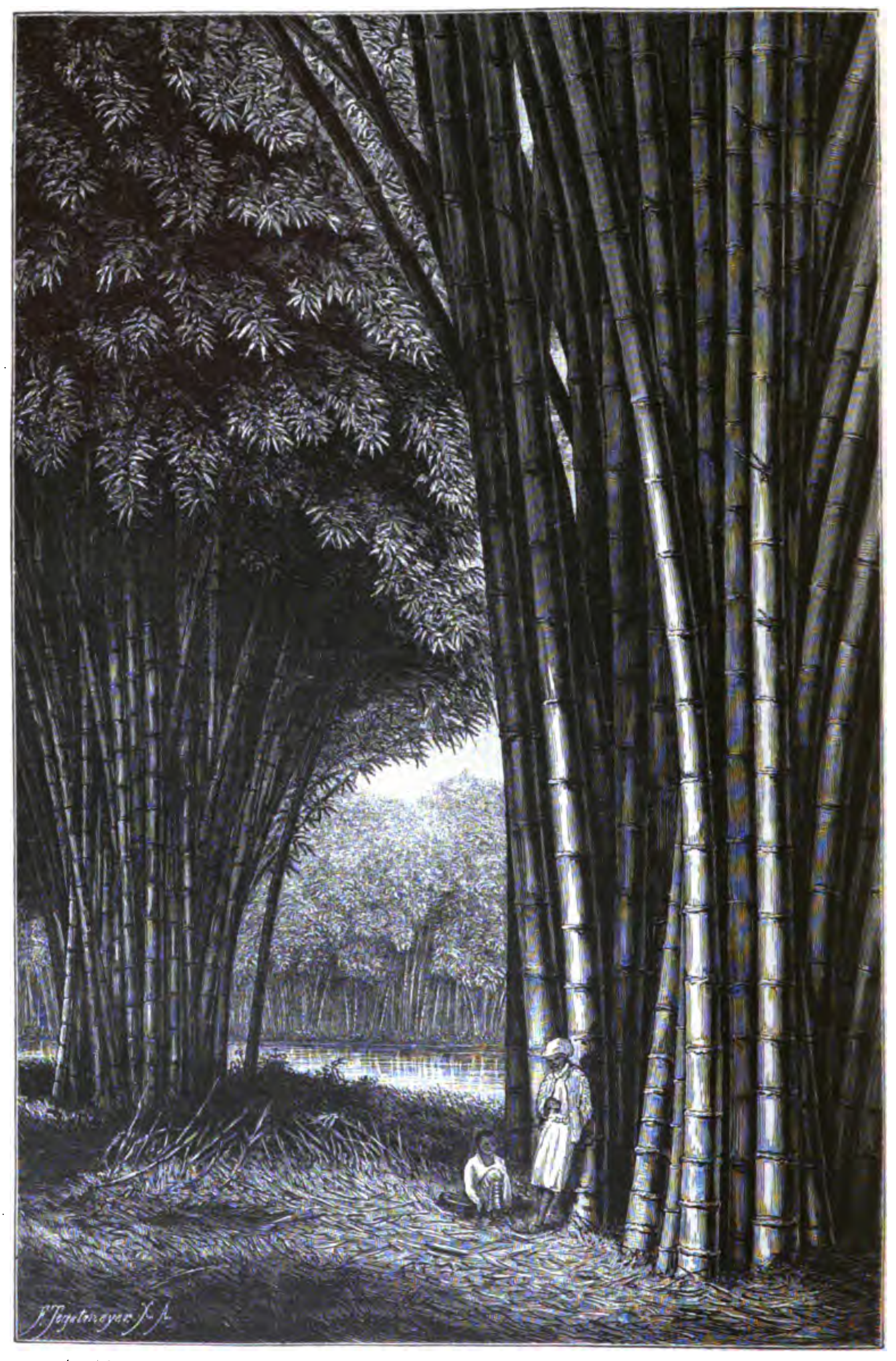


Bambus auf Java. (Nach einer Photographie.) Vgl. Text, S. 673.

und Früchte genauer untersuchten, die aber einen mächtig entwickelten Formensinn haben, vermögen auf den ersten Blick und oft auf mehrere hundert Schritt Entfernung die verschiedenen Arten der Bäume zu unterscheiden und zu erkennen. Wie ist das möglich? Die Erklärung ist sehr einfach. Wie das Antlitz jedes Menschen, zeigt auch das Antlitz jedes Baumes bestimmte Züge, die nur ihm eigentümlich sind; diese Züge prägen sich fast unbewußt dem Gedächtnisse desjenigen ein, der viel in und mit der freien Natur verkehrt, und sie sind es auch, an welchen die Art gleich einem auf der Straße uns entgegenkommenden Jugendfreunde schon von fern wiedererkannt wird. Dem Landschaftsmaler sind diese Züge, welche in ihrer Gesamtheit das ausmachen, was man den Baumschlag nennt, ganz besonders wichtig; denn seine Aufgabe ist es, sie festzuhalten und künstlerisch zu verwerten. An uns aber tritt die Aufgabe heran, diese Züge im Antlitze des Baumes zu detaillieren und zu erklären, oder, sagen wir, eine wissenschaftliche Begründung des Baumschlages zu geben.

Der Raum dieses Buches gestattet nun freilich nicht, dieses Thema so ausführlich zu behandeln, wie es meiner Neigung und meiner Vorliebe gerade für diese Beziehungen zwischen Kunst und Wissenschaft entsprechen würde; aber es läßt sich ja auch mit wenigen Strichen ein Baum an die Wand zeichnen, und so will ich es versuchen, mit wenigen Worten die Grundsätze des Baumschlages zur Darstellung zu bringen.

Da an jedem Stamme die Lage der Knospen von der Lage der Laubblätter abhängt, so ist es selbstverständlich, daß auch die Verteilung der von einem Zweige ausgehenden Seitenzweige durch die Stellung der Blätter bedingt wird. Der Zusammenhang zwischen Blattstellung und Zweigstellung ist daher das erste, was bei der Erklärung des Baumschlages in Betracht zu ziehen ist. Gleich den Blättern sind die Zweige entweder wirtelig und dekussiert oder entlang einer Schraubenlinie gestellt, wie von den Blättern kann man daher auch von den Zweigen sagen, daß sie die auf S. 367—378 ausführlicher besprochenen, geometrisch bestimmten Stellungen zeigen, und schon dieser Umstand verleiht jedem Baume ein eigentümliches Gepräge. Wie ganz anders präsentieren sich die Ahorne und Eschen mit ihren dekussiert gestellten Zweigen im Vergleiche zu den durch die Einhalb- und Eindrittelstellung ausgezeichneten Rüstern, Linden und Erlen und den durch die Zweifünftel- und Dreiachtelstellung charakterisierten Buchen, Eichen und Pappeln und zwar nicht nur im Detail, sondern auch in großen Zügen in der ganzen Krone des Baumes. Nicht nur daß entlaubte Bäume im Winter sofort an ihrer Verzweigung selbst aus der Ferne zu erkennen sind, auch die Gruppierung der einzelnen belaubten Partien der Krone gewinnt infolge dieser Verzweigung ihre besondern Umrisse. In zweiter Linie ist bei der Erklärung des Baumschlages die Größe und der Zuschnitt der Laubblätter zu berücksichtigen. Hiermit soll nicht gesagt sein, daß es Aufgabe des Künstlers sei, die Form der einzelnen Blätter kenntlich zur Ansicht zu bringen, was ja geradezu unschön sein würde. Die Bedeutung der Gestalt und des Umfanges der einzelnen Blätter liegt vielmehr darin, daß sie die Form des ganzen Baumes regulieren. Bäume mit schmalen und linealen nadelförmigen Blättern brauchen mit ihren Ästen und Zweigen bei weitem weniger auszuladen als jene, welche mit flächenförmig ausgebreiteten großen Blattscheiben geschmückt sind. Erstere strecken sich immer mehr in die Höhe, letztere mehr in die Breite, ein Gegensatz, welcher an den Bäumen aller Zonen und Regionen hervortritt. Recht auffallend ist z. B. der Gegensatz in der Architektonik der schmalblätterigen, schlanken Eukalypten und Weiden und der breitblätterigen, mit ihren Ästen weit ausgreifenden Paulownien, Katalpen und Platanen. Auch wenn man die auf den nächstfolgenden Seiten nebeneinander gestellten Abbildungen der Eiche und Tanne vergleicht, so fällt auf, daß die von den schlanken Stämmen der Tanne getragenen benadelten



Bambus auf Java. (Nach einer Photographie.) Vgl. Text, S. 673.

und Früchte genauer untersuchten, die aber einen mächtig entwickelten Formensinn haben, vermögen auf den ersten Blick und oft auf mehrere hundert Schritt Entfernung die verschiedenen Arten der Bäume zu unterscheiden und zu erkennen. Wie ist das möglich? Die Erklärung ist sehr einfach. Wie das Antlitz jedes Menschen, zeigt auch das Antlitz jedes Baumes bestimmte Züge, die nur ihm eigentümlich sind; diese Züge prägen sich fast unbewußt dem Gedächtnisse desjenigen ein, der viel in und mit der freien Natur verkehrt, und sie sind es auch, an welchen die Art gleich einem auf der Straße uns entgegenkommenden Jugendfreunde schon von fern wiedererkannt wird. Dem Landschaftsmaler sind diese Züge, welche in ihrer Gesamtheit das ausmachen, was man den Baumschlag nennt, ganz besonders wichtig; denn seine Aufgabe ist es, sie festzuhalten und künstlerisch zu verwerten. An uns aber tritt die Aufgabe heran, diese Züge im Antlitze des Baumes zu detaillieren und zu erklären, oder, sagen wir, eine wissenschaftliche Begründung des Baumschlages zu geben.

Der Raum dieses Buches gestattet nun freilich nicht, dieses Thema so ausführlich zu behandeln, wie es meiner Neigung und meiner Vorliebe gerade für diese Beziehungen zwischen Kunst und Wissenschaft entsprechen würde; aber es läßt sich ja auch mit wenigen Strichen ein Baum an die Wand zeichnen, und so will ich es versuchen, mit wenigen Worten die Grundsätze des Baumschlages zur Darstellung zu bringen.

Da an jedem Stamme die Lage der Knospen von der Lage der Laubblätter abhängt, so ist es selbstverständlich, daß auch die Verteilung der von einem Zweige ausgehenden Seitenzweige durch die Stellung der Blätter bedingt wird. Der Zusammenhang zwischen Blattstellung und Zweigstellung ist daher das erste, was bei der Erklärung des Baumschlages in Betracht zu ziehen ist. Gleich den Blättern sind die Zweige entweder wirtelig und dekussiert oder entlang einer Schraubenlinie gestellt, wie von den Blättern kann man daher auch von den Zweigen sagen, daß sie die auf S. 367—378 ausführlicher besprochenen, geometrisch bestimmten Stellungen zeigen, und schon dieser Umstand verleiht jedem Baume ein eigentümliches Gepräge. Wie ganz anders präsentieren sich die Ahorne und Eschen mit ihren dekussiert gestellten Zweigen im Vergleiche zu den durch die Einhalb- und Eindrittelstellung ausgezeichneten Rüstern, Linden und Erlen und den durch die Zweifünftel- und Dreiachtelstellung charakterisierten Buchen, Eichen und Pappeln und zwar nicht nur im Detail, sondern auch in großen Zügen in der ganzen Krone des Baumes. Nicht nur daß entlaubte Bäume im Winter sofort an ihrer Verzweigung selbst aus der Ferne zu erkennen sind, auch die Gruppierung der einzelnen belaubten Partien der Krone gewinnt infolge dieser Verzweigung ihre besondern Umrisse. In zweiter Linie ist bei der Erklärung des Baumschlages die Größe und der Zuschnitt der Laubblätter zu berücksichtigen. Hiermit soll nicht gesagt sein, daß es Aufgabe des Künstlers sei, die Form der einzelnen Blätter kenntlich zur Ansicht zu bringen, was ja geradezu unschön sein würde. Die Bedeutung der Gestalt und des Umfanges der einzelnen Blätter liegt vielmehr darin, daß sie die Form des ganzen Baumes regulieren. Bäume mit schmalen und linealen nadelförmigen Blättern brauchen mit ihren Ästen und Zweigen bei weitem weniger auszuladen als jene, welche mit flächenförmig ausgebreiteten großen Blattscheiben geschmückt sind. Erstere strecken sich immer mehr in die Höhe, letztere mehr in die Breite, ein Gegensatz, welcher an den Bäumen aller Zonen und Regionen hervortritt. Recht auffallend ist z. B. der Gegensatz in der Architektonik der schmalblätterigen, schlanken Eukalypten und Weiden und der breitblätterigen, mit ihren Ästen weit ausgreifenden Paulownien, Katalpen und Platanen. Auch wenn man die auf den nächstfolgenden Seiten nebeneinander gestellten Abbildungen der Eiche und Tanne vergleicht, so fällt auf, daß die von den schlanken Stämmen der Tanne getragenen benadelten



Eiche. Vgl. Text, S. 675.



Tanne. Vgl. Text, S. 675.

Äste und Zweige kaum den dritten Teil jenes Raumes überdecken wie jene des dicken, plumpern Stammes der Eiche, deren Blätter viel breiter veranlagt sind.

Ein dritter Punkt, welcher zu berücksichtigen kommt, ist dann das Lichtbedürfnis der Blätter an den untern Ästen älterer Bäume. Je dichter und reicher das Laubwerk am Gipfel oder auf der Kuppel der Krone, desto tiefer der Schatten in der Umgebung des Hauptstammes in den tiefern Regionen. Haben die untern Äste nicht die Fähigkeit, sich fort und fort durch neue Ansätze zu verlängern, so sterben sie mitsamt ihrem in den Schatten gestellten Laube ab, verdorren, brechen bei der ersten Gelegenheit ganz oder teilweise ab und fallen zu Boden; besitzen sie dagegen diese Fähigkeit, so schieben und tragen sie ihre belaubten Zweige möglichst weit über den Schattenkreis hinaus, um sie dort zu sonnen, krümmen sich auch häufig bogenförmig dem lichten Himmel zu, wie das besonders an den Eschen und Roßkastanien, aber auch an der auf S. 385 abgebildeten Fichte zu sehen ist.

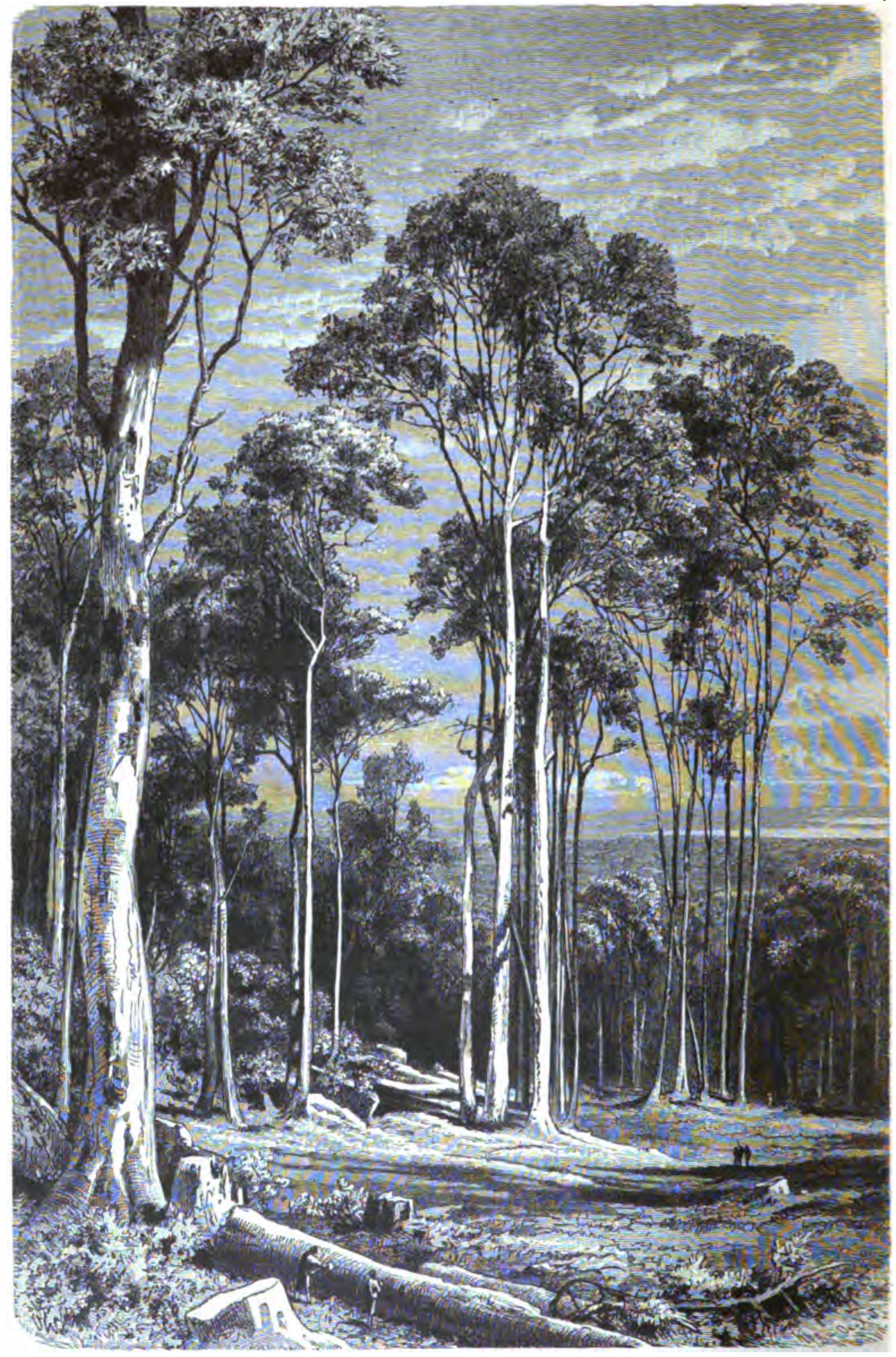
Der astlos gewordene untere Teil des Stammes nimmt in dem Grade an Umfang zu, als die Last, welche er zu tragen hat, eine größere wird, und seine Dicke und Festigkeit steht bei jeder Art in einem genau geregelten Verhältnisse zum Gewichte der Krone. Die Zunahme des Umfanges erfolgt vorzüglich dadurch, daß sich dem schon vorhandenen Holze alljährlich neue Holzmassen anlagern. In den jüngsten Stämmen erscheint das Holz in Gestalt von Strängen, die rings um das zentrale Mark symmetrisch geordnet sind, dicht aneinander schließen und einen nur von den Markstrahlen durchsetzten Cylinder bilden, der am Querschnitte als „Holzring" erscheint. Auch das alljährlich neugebildete, an der Peripherie des schon vorhandenen Holzcylinders sich anlagernde Holz präsentiert sich am Querschnitte als Ring und wird bekanntlich Jahresring genannt. Man berechnet das Alter eines gefällten Baumes nach der Zahl dieser Jahresringe, und selbstverständlich ist der Umfang des Stammes desto größer, je größer die Zahl der Jahresringe ist. Die Zunahme des Umfanges ist aber auch für die äußere Ansicht des Stammes nicht ohne Rückwirkung. Als junges Reis besitzt der Stamm eine Oberhaut (Epidermis), welche sich dem grünen Gewebe der Rinde anschmiegt. Diese Haut hält aber mit der Entwickelung des Stamminnern nur so lange gleichen Schritt, als der betreffende Stammteil sein Längenwachstum noch nicht abgeschlossen hat. Ist das geschehen und wächst der Stamm in die Dicke, so geht die erste Haut zu Grunde und wird durch eine zweite Haut, das sogenannte Periderm, ersetzt, welches sich meistens schon gegen Ende der ersten Vegetationsperiode am Umfange des Stammes zu entwickeln beginnt. Dieses Periderm erhält als wichtigsten Bestandteil Kork, ein Gewebe aus wasserdichten und nahezu luftdichten Zellen, welches sich als Hülle für die saftreichen innern Stammteile vortrefflich eignet. Was außerhalb dieses Korkes liegt und von den saftreichen innern Stammteilen durch denselben geschieden ist, verfällt dem Vertrocknen und Absterben. Hatte sich Periderm nur unter der Oberhaut ausgebildet, so geht nur diese Oberhaut zu Grunde; wenn aber in den tiefern Schichten der Rinde auch noch ein inneres Periderm entsteht, so werden dickere Schichten der Rinde zum Absterben gebracht, und diese lagern dann dem Korke nach außen zu als eine trockne, tote Kruste auf. Man nennt das innere Periderm samt den daran haftenden abgestorbenen Rindenteilen Borke.

Die Entwickelung des Periderms hält mit der Entwickelung des Stammes gleichen Schritt. Sobald infolge der Einschaltung eines neuen Jahresringes der Holzkörper des Stammes dicker geworden ist, erweitert sich der Peridermmantel und damit auch die Borke, welche den Stamm als Kruste umgibt. Bei manchen Arten erhält sich diese Borke lange Jahre an der Peripherie des Stammes, zerklüftet bei dem weitern Dickenwachstume, und es wird dann in die Klüfte immer wieder neue Borke von innen her eingeschoben; in andern Fällen dagegen löst sich infolge der Verdickung des Stammes ein Teil der Borke ab, fällt zu Boden und wird von innen her durch neue Borke ersetzt.

Da nun jede Baumart ihre besondere Borke entwickelt, so trägt die Gestalt und Farbe dieses Gebildes nicht wenig zu dem Aussehen des ganzen Baumes bei; sie bildet eben auch wieder einen der charakteristischen Züge, welche bei der Schilderung des Baumschlages nicht übersehen werden dürfen. Als die auffallendsten Formen der Borke sind aber folgende hervorzuheben. Zunächst die Schuppenborke, welche sich alljährlich in Gestalt von Schildern und Platten ablöst, und die besonders schön an den Stämmen der Platanen, der Mandelweide und mehrerer neuholländischer Eucalyptus-Arten zu sehen ist, dann die häutige Borke, welche sich in trocknen Häuten und Bändern abtrennt. Die Abbildung auf S. 680 zeigt diese Form der Borke an der weißstämmigen Birke (Betula alba). Mehrere Arten der neuholländischen Gattung Melaleuca zeigen eine Borke, welche, vom Stamme abgezogen, einem dünnen Seidenstoffe täuschend ähnlich sieht. Eine dritte Form ist die Ringelborke, welche sich in Gestalt von unregelmäßig geborstenen dünnen Röhren vom Stamme ablöst und besonders am Pfeifenstrauche (Philadelphus) entwickelt ist; eine vierte Form, für welche der Weinstock (Vitis vinifera) als Beispiel angeführt werden kann, ist die Faserborke, welche sich beim Ablösen in zahlreiche starre Fasern löst. Endlich ist noch die rissige Borke hervorzuheben, welche sich an den Stämmen der Eichen, Linden, Eschen und zahlreicher andrer Laubhölzer entwickelt zeigt. Bei dieser Form findet eine Ablösung in größern Partien überhaupt nicht statt, sondern die Borke zerklüftet beim Dickerwerden des Stammes, und es bilden sich in ihr Längsrisse mit geschlängeltem oder zickzackförmigem Verlaufe aus, von welchen in dem einen Falle nur schmale Kämme und Riefen, in dem andern Falle breite, eckige Schilder umrahmt werden. Auf dieser rissigen Borke siedeln sich mit Vorliebe die Überpflanzen, zumal Moose und Flechten, an, und ältere mit dieser Borke versehene Stämme sind auch gewöhnlich in den gemäßigten Zonen mit Moospolstern, in den tropischen Gebieten mit Farnen, Bromeliaceen und Orchideen überwuchert. An den sich alljährlich ablösenden Borken ist eine solche Ansiedelung unmöglich, und die Stämme der Platanen sind nicht nur nicht mit Überpflanzen besetzt, sondern sehen immer wie gescheuert und geschält aus.

Die Gestalt der Borke ist so charakteristisch, daß man aus ihr allein schon die Baumart zu erkennen vermag; sie bildet daher gleichfalls einen wichtigen Zug in dem Bilde des Baumes, darf nicht nach Gutdünken abgeändert werden, und es ist unzulässig, daß Künstler ihre Studien, die nach verschiedenen Bäumen gemacht wurden, beliebig kombinieren und etwa die Krone einer Eiche auf den Stamm einer Platane setzen. Daß auch das Kolorit der Borke ebenso wie die Farbe des Laubes von Bedeutung sind, bedarf keiner weitern Erörterung, sowie es selbstverständlich ist, daß auch die Größenverhältnisse der verschiedenen nebeneinander stehenden Bäume zu berücksichtigen sind. Eine junge Tanne, welche neben einer alten Fichte aufwächst, wird zwar von der letztern überragt werden, wenn aber beide gleichalterig sind, so ragt die Tanne stets über die Fichte weit hinaus.

Die Höhe und das Alter der Bäume sind zwar in ganz sichern Zahlen nicht festzustellen, aber so viel ist gewiß, daß jede Baumart gleichwie jede Tierspezies an eine bestimmte Größe und an ein bestimmtes Alter gebunden sind, welche nur selten überschritten werden. Was das Alter anlangt, so sind die Angaben aus älterer Zeit meistenteils zu hoch gegriffen. Wenn in den Schilderungen der Urwälder von tausendjährigen Bäumen die Rede ist, so beruht diese Angabe wohl nur auf Vermutungen und in seltenen Fällen auf wirklichen Messungen. Der berühmte Baobab (Adansonia digitata) wurde von Adanson auf Grund der Dicke des jährlichen Zuwachses auf 5000 Jahre berechnet; ob aber dabei nicht ein Rechnungsfehler untergelaufen ist, mag dahingestellt bleiben. Der schon einmal erwähnte berühmte Drachenbaum von Orotava wurde sogar auf 6000, die Platane von Bujukdere bei Konstantinopel auf 4000, die mexikanische Sumpfcypresse (Taxodium



Eucalyptusbäume in Neuholland. (Nach einer Zeichnung von Selleny.) Vgl. Text, S. 681.

Zug-, Druck- und Biegungsfestigkeit der Mittelblattstämme.

Wenn man die zuletzt geschilderten Riesenbäume mit Rücksicht auf das Gewicht ihrer einzelnen Teile abschätzt, so begreift man kaum, wie der verhältnismäßig nicht dicke Hauptstamm eine Krone im Gewichte von mehreren tausend Kilogramm zu tragen vermag, und wie es möglich ist, daß die vom Hauptstamme weg in horizontaler Richtung weit vorgestreckten Äste unter der Wucht der von ihnen getragenen Zweige und Blätter nicht bersten und zusammenbrechen. Auch die Grashalme sowie die Stengel der Stauden und Kräuter sind so belastet, daß man sich beim Anblicke derselben verwundert frägt, wie sie sich aufrecht zu erhalten im stande sind, und wie es kommt, daß sie, aus dem Gleichgewichte gebracht, nach kurzer Zeit ihre aufrechte Ruhelage doch wieder einnehmen. Forscht man den Einrichtungen nach, welche es diesen Gewächsen möglich machen, ihre Stämme ohne fremde Stütze in der angegebenen Lage zu erhalten, so wird man zunächst den untersten Teil des aufrechten Hauptstammes als denjenigen in Betracht ziehen müssen, von welchem zu erwarten steht, daß er die schwerste Last zu tragen hat. Vorausgesetzt, daß der durch die Belastung bedingte Druck genau in der Richtung der Achse des Hauptstammes wirken würde, müßte derselbe Einrichtungen zeigen, welche ihn befähigen, dem vertikalen Drucke zu widerstehen, mit andern Worten, er müßte jene Festigkeit besitzen, welche unter dem Namen Säulenfestigkeit verstanden wird. Einige Palmen ausgenommen, welche mit kerzengeradem Stamme säulenförmig vom Boden emporragen, und deren Blätter nach allen Richtungen der Windrose gleichmäßig ausladen, dürfte nur bei wenigen Pflanzen ein solcher Druck genau in der Richtung der Achse des Stammes zur Geltung kommen. In der Regel wird eine wenn auch noch so geringe Ungleichheit des Stammes oder der Krone eine Ablenkung des Druckes von der Mittelachse zur Folge haben; der Stamm wird durch die einseitige Belastung gebogen, er ist nicht nur auf Säulenfestigkeit, sondern auch auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen. Luftströmungen, welche von der Seite her einen aufrechten Stamm und seine Blätter treffen, werden gleichfalls und zwar nicht nur infolge des unmittelbaren Anpralles, sondern auch insofern, als sie den Schwerpunkt der von dem untern Teile des Stammes getragenen Last verschieben, eine Beugung bewirken. Die Beobachtung lehrt, daß diese Beugung nur selten ein Zerbrechen des Stammes im Gefolge hat. Nicht nur Gras- und Rohrhalme, sondern auch rutenförmige aufrechte Zweige der Bäume, Sträucher und Stauden, ja selbst Palmenstrünke können bei Stürmen tief gegen die Erde niedergebeugt werden, kehren aber bei dem Nachlassen des Windstoßes rasch wieder in ihre aufrechte Lage zurück, ohne den geringsten Schaden erlitten zu haben.

Es wurde diesen Erscheinungen früher nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt, vielleicht aus dem Grunde, weil sie gar so gewöhnlich und alltäglich sind, oder möglicherweise auch darum, weil man eine wissenschaftliche Erläuterung und Begründung des Schwankens der Zweige im Winde nicht für möglich hielt. Erst der neuern Zeit war es vorbehalten, den Mechanismus, welcher diesem Zurückkehren der gebogenen Stämme in eine bestimmte Ruhelage zu Grunde liegt, und die Einrichtungen, welche es bewirken, daß solche Stämme selbst bei bedeutender Belastung und bei starkem Drucke zwar sich biegen, aber nicht brechen, zu erklären. Die einschlägigen Untersuchungen haben ergeben, daß in den Pflanzenstämmen die Tragfähigkeit und Biegungsfestigkeit durch ganz ähnliche Konstruktionen erreicht werden, wie sie der Mensch bei der Überspannung der Flüsse mit Brücken, bei der Herstellung von Dachstühlen, Riegelwänden und andern Bauten in Anwendung bringt, und daß auch der für jeden Werkmeister so wichtige Grundsatz: mit dem geringsten Aufwande von Material die größtmögliche Festigkeit des Gebäudes zu erzielen, bei dem Aufbaue der Stämme zum Ausdrucke kommt. In dem einen Falle werden wir an das

System der Röhrenbrücken, in dem andern an jenes der Gitterbrücken, hier an einen geräumigen Säulenbau mit Architrav und flachem Dache, dort an ein gotisches Bauwerk mit Spitzbogen, Strebepfeilern und steilem Giebel erinnert, immer ist aber den besondern Verhältnissen des Standortes Rechnung getragen, und immer macht aus diesem Grunde das ganze Bauwerk den Eindruck vollendeterer Zweckmäßigkeit.

Das Gerüst, welches dem ganzen Baue die nötige Festigkeit zu geben hat, wird aus Teilen gebildet, welche der Werkmeister eines von Menschen herzustellenden Gebäudes Konstruktionsteile nennen würde, und diese Teile sind selbst wieder aus besondern Zellen zusammengesetzt, die man mechanische Zellen genannt hat. Die **mechanischen Zellen** sind schon bei früherer Gelegenheit, nämlich bei der Besprechung der Leitungsvorrichtungen, wenn auch nur ganz flüchtig, berührt worden (s. S. 441). Es wurde dort darauf aufmerksam gemacht, daß die Röhren und Zellen, welche der Ableitung und Zuleitung flüssiger Stoffe dienen, regelmäßig zu einem Bündel, dem sogenannten Leitbündel, vereinigt sind, und daß dann, wenn die Bestandteile dieser Leitbündel sich in Organen finden, welche der Gefahr des Geknicktwerdens ausgesetzt sind, jedesmal mechanische Zellen als Begleiter der ab- und zuleitenden Zellen und Röhren erscheinen. Die zarten Leitbündel liegen dann gewöhnlich in einer Rinne aus Hartbast eingebettet oder sind seitlich einem Strange aus Hartbast angelagert, seltener von zwei aus diesem Gewebe gebildeten Schienen in die Mitte genommen. Solche Stränge und Schienen aus Hartbast haben häufig nur eine lokale Bedeutung für die Leitbündel und können den Sicherungsvorrichtungen der Gas- und Wasserleitungsröhren in menschlichen Wohngebäuden verglichen werden, welche zwar für den besondern Zweck sehr wichtig, aber für die Festigkeit des ganzen Hauses von keinem Belange sind. Sehr oft aber sind diese besondern Sicherungsmittel der Leitbündel auch erspart, und man sieht dann die der Ab- und Zuleitung dienenden Zellen und Röhren an jene Gruppen mechanischer Zellen angelagert, welche das Grundgerüst des ganzen Bauwerkes bilden.

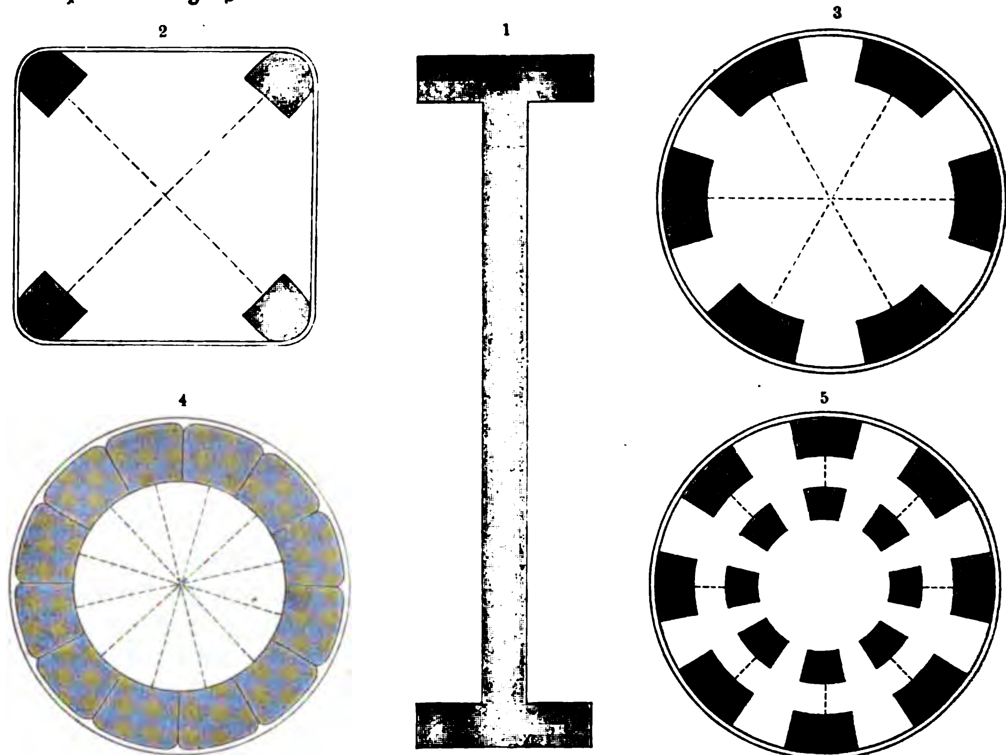
Als das in beiden Fällen am häufigsten in Anwendung gebrachte mechanische Gewebe ist der **Hartbast** hervorzuheben. Die Zellen des Hartbastes erscheinen dem freien Auge als Fasern; sie sind langgestreckt, spindelförmig, an beiden Enden zugespitzt und mittels der spitzen Enden so verschränkt und verzahnt, wie es in der Abbildung auf S. 437, Fig. 5, dargestellt ist. Sie haben meist eine Länge von 1—2 mm, einzelne erreichen aber auch ein viel bedeutenderes Längenausmaß, und für jene des Hanfes werden 10, jene des Leines 20—40, jene der Nessel 77 und jene der Boehmeria nivea sogar 220 mm angegeben. Die Wände der Hartbastzellen sind immer sehr verdickt, die Zellenhöhle ist sehr eng, oft auf einen äußerst feinen Kanal reduziert und in einzelnen Fällen, wie z. B. in den Zellen des als Jute bekannten Hartbastes von Corchorus olitorius, stellenweise ganz verschwunden, so daß aus der Zelle eine solide Faser geworden ist. Daß die Micellen, welche die Wandung dieser dicken Hartbastzellen aufbauen, in linksläufigen Schraubenlinien angeordnet sind, schließt man aus der Richtung, welche die mitunter in der Wand auftretenden Poren einhalten, und man bringt diese schraubige Drehung mit der Festigkeit der ganzen Hartbastzelle in Zusammenhang. Es ist ja bekannt, daß Bündel von geraden Fasern nicht jene Festigkeit besitzen wie die zu Stricken gedrehten Faserbündel, und man ist berechtigt, anzunehmen, daß es sich mit den zu feinsten Fibrillen reihenweise geordneten Micellen in der Wand der Hartbastzellen ebenso verhalten werde. Ist die Hartbastzelle vollständig ausgebildet, so ist in ihrem Innern das lebendige Protoplasma verschwunden, der enge Raum der Zellenhöhle ist mit Luft, seltener mit wässeriger Flüssigkeit gefüllt, und eine solche Zelle ist dann nicht mehr geeignet, weiter zu wachsen, kann auch weder zur Aufnahme und Leitung der Nahrung noch zur Erzeugung organischer Verbindungen, ebensowenig zur Wandlung

und Wanderung der Stoffe Verwendung finden, sondern hat ausschließlich eine architektonische Bedeutung. Der ihr in dieser Beziehung gestellten Aufgabe entspricht sie aber in vorzüglicher Weise. Ihre Festigkeit und Elastizität ist ganz außerordentlich. Man hat berechnet, daß das Tragvermögen des Hartbastes für das Quadratmillimeter Querschnittfläche zwischen 15 und 20 kg beträgt, also jenem des Schmiedeeisens gleichkommt, ja das Tragvermögen des Bastes mancher Arten ist sogar jenem des Stahles gleichzustellen. Dabei hat der Hartbast vor dem Eisen noch den Vorteil einer weit größern Dehnbarkeit, vermag darum dem Zerreißen auch viel länger zu widerstehen als das Eisen, und es wird bei Berücksichtigung aller dieser Eigenschaften erklärlich, warum von den Menschen seit uralter Zeit der Hartbast vieler Pflanzen zu Geweben, Bindfäden, Tauen und dergleichen mit Vorteil verwendet wird.

Von den Hartbastzellen wenig verschieden sind die Holzfasern, welche man auch Libriformzellen genannt hat. Während die Hartbastzellen einen der wichtigsten Bestandteile der Rinde ausmachen, bilden die Holzfasern ein wesentliches Element im Holzkörper jener Stämme, welche alljährlich auf das schon vorhandene Holz eine neue Schicht von Holz von seiten des Kambiums ansetzen, auf diese Weise an Umfang zunehmen und am Querschnitte sogenannte Jahresringe zeigen. Ihre Länge schwankt zwischen 0,3 und 1,3 mm, und im allgemeinen zeigen daher die Holzfasern ein geringeres Längenausmaß als die Hartbastzellen. Auch sind ihre Wände in der Regel stärker verholzt, im übrigen ist aber eine scharfe Grenze zwischen beiden Zellenformen nicht zu ziehen. Wenn ein holzbildender Stamm in die Dicke gewachsen ist und an seinem Umfange eine Borke ausgebildet hat, so ist begreiflicherweise die Rolle, welche der Hartbast in der Rinde gespielt hat, zu Ende; dann übernehmen die Holzfasern jene Aufgabe, welche in den jungen Trieben dieses Stammes dem Hartbaste zufiel, und man könnte insofern die Holzfasern auch die Hartbastzellen des Holzkörpers nennen.

Als besondere Form mechanischen Zellgewebes wird von vielen Pflanzen Kollenchym entwickelt. Die Zellen, welche das Kollenchym zusammensetzen, sind langgestreckt und in ähnlicher Weise miteinander verbunden wie die Hartbastzellen; sie unterscheiden sich aber von diesen und auch von den Holzfasern dadurch, daß die Verdickung ihrer Wände keine gleichmäßige ist. Wo drei oder vier dieser Zellen mit ihren Langseiten zusammenstoßen, ist die Wandung sehr verdickt, stellenweise aber bleibt die Wand, welche zwei benachbarte Zellkammern gemeinsam haben, wieder dünn, und das ganze Gewebe läßt sich mit einem Bauwerke vergleichen, in welchem dicke Hauptmauern mit dünnen Zwischenwänden abwechseln, und wo die dünnen Mauern, stellenweise durch Pilaster verdickt, eine große Tragfähigkeit erreichen. Ein weiterer Unterschied von den Hartbastzellen und Holzfasern liegt auch darin, daß sich im Innern der Kollenchymzellen das Protoplasma lebendig erhält, daß in diesem nicht selten Chlorophyllkörper eingebettet sind, daß dasselbe einen Teil der zum Wachstume notwendigen Stoffe durch die dünnern Stellen der Wände aus der Nachbarschaft beziehen und zu Baustoffen verarbeiten kann, daß mit einem Worte das Kollenchym wachstumsfähig bleibt. Damit ist aber auch der Vorteil, welchen die Kollenchymzellen vor den Hartbastzellen und Holzfasern oder Libriformzellen voraus haben, erklärt. Der Hartbast und das Libriform, einmal fertig gestellt, haben die weitere Entwickelungsfähigkeit eingebüßt und würden daher in einem Stamme, welcher noch in die Länge wachsen soll, als architektonische Elemente schlecht am Platze sein; sie würden entweder das Längenwachstum der andern Gewebe behindern, oder durch die Kraft der in die Länge wachsenden andern Zellen zerreißen, in beiden Fällen eine schlechte Rolle spielen. Die Kollenchymzellen dagegen sind noch entwickelungsfähig, vermögen Hand in Hand mit den andern Geweben sich zu strecken und weiterzuwachsen und sind dem Gerüste eines mehrstöckigen Gebäudes zu vergleichen, das man

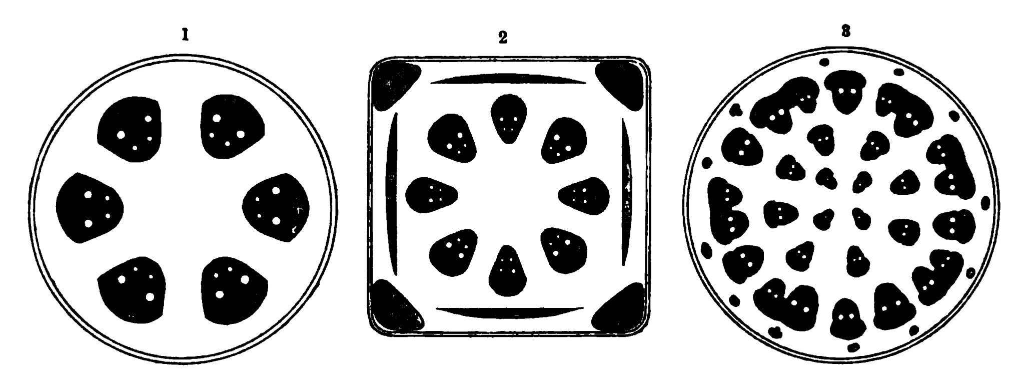
immer nur in dem Maße erhöht, als es zum Weiterbaue des Ganzen notwendig ist. Gegen den Hartbast und das Libriform hat das Kollenchym allerdings den Nachteil, daß seine absolute Festigkeit eine etwas geringere ist, indem sich das Tragvermögen für das Quadratmillimeter Querschnittfläche nur auf 10—12 kg stellt. Ebenso ist die Elastizitätsgrenze des Kollenchyms bedeutend geringer; wo aber der Hartbast oder das Libriform aus den oben angeführten Gründen nicht passend wäre, tritt das Kollenchym an seine Stelle. Man kann darum auch nicht sagen, daß Hartbast und Libriform wichtiger seien als das Kollenchym; jedes ist in seiner Art von hervorragender architektonischer Bedeutung, und bald ist dieses, bald jenes von größerm Vorteile.



Schematische Darstellung verschieden kombinierter Träger: 1. Ein einzelner Träger. — 2. Zwei kombinierte kreuzweise gestellte Träger. — 3. Drei kombinierte Träger. — 4. Sechs kombinierte Träger. Die Gurtungen schließen seitlich so aneinander, daß eine cylindrische Röhre hergestellt ist. — 5. Vier kombinierte Hauptträger; die Gurtungen derselben werden aus Trägern zweiter Ordnung gebildet. — In Fig. 2—4 ist die Füllung der Träger durch gestrichelte Linien angedeutet. Vgl. Text, S. 687 u. 688.

Was nun die Anordnung des Hartbastes, Libriforms und Kollenchyms, welche weiterhin unter dem üblich gewordenen Namen *mechanisches Gewebe* zusammengefaßt werden sollen, anlangt, so ist sie im allgemeinen die von Strängen, welche parallel zur Längsachse des betreffenden Stammes verlaufen. Wenn sie sich bei diesem Verlaufe in der Mitte des Stammes halten, so ist das eine für den aufrechten Stamm nichts weniger als zweckmäßige Anordnung; denn dort können sie für die Biegungsfestigkeit desselben so gut wie nichts leisten, wie aus folgenden Erwägungen hervorgeht. Denken wir uns einen wagerechten cylindrischen, an beiden Enden auf festen Stützen liegenden Stamm in der Mitte belastet, so wird sich derselbe entsprechend der Belastung nach abwärts krümmen, er wird dabei an der konkav gewordenen Seite verkürzt, an der konvex gewordenen Seite verlängert werden; an der verkürzten Seite wird sich eine Druckspannung, an der verlängerten Seite eine Zugspannung

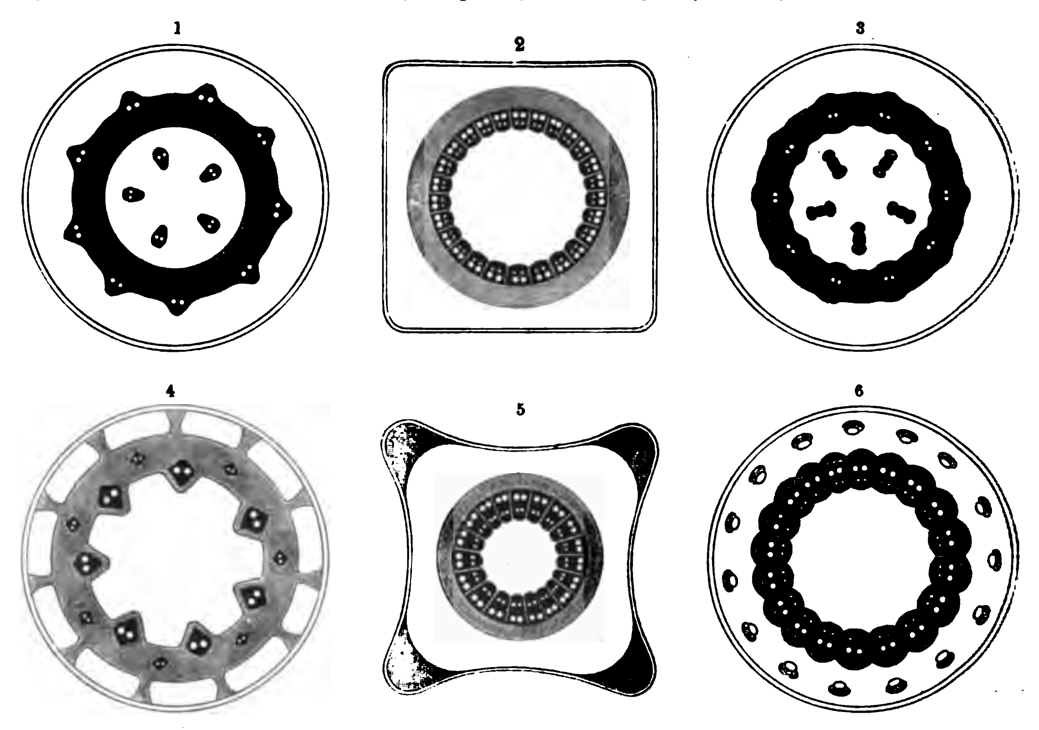
geltend machen, und diese Spannungen werden an der betreffenden Stelle der Peripherie, an der obern und untern Grenzfläche des gekrümmten Stammes, am größten sein. Gegen die Mitte des Stammes nehmen die einander entgegengesetzten Spannungen ab und heben sich im Zentrum vollständig auf. Damit der Stamm möglichst biegungsfest werde, ist es daher notwendig, daß die mechanischen Gewebe an der obern und untern Grenzfläche angebracht werden, wo die Spannungen am größten sind. Man nennt in der Baumechanik solche Konstruktionsteile Gurtungen und bringt an einem Tragbalken, welcher biegungsfest sein soll, eine obere und untere Gurtung an. Die zwischen beiden Gurtungen liegende Masse wird als Füllung bezeichnet, und der ganze so konstruierte Balken wird Träger genannt. Das schematische Bild eines solchen Trägers gibt Fig. 1 der Abbildung auf S. 686. Die Füllung kann aus einem viel leichtern Materiale hergestellt sein als die Gurtungen und kann auch aus einem Gitterwerke oder Fachwerke bestehen. Wo sich in der Pflanze solche Träger ausgebildet finden, besteht die Füllung aus den Leitbün-



Querschnitte aufrechter Mittelblattstämme mit einfachen, nicht zu einer Röhre verschmolzenen Trägern 1. Einjähriger Zweig der großblätterigen Linde (Tilia grandifolia). — 2. Weiße Taubnessel (Lamium album). — 3. Dattelpalme (Phoenix dactylifera). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau, die Leitbündel schwarz mit eingeschalteten weißen Punkten. Vgl. Text, S. 688 u. 689.

deln oder aus parenchymatischen Zellen, die Gurtungen dagegen sind immer aus mechanischem Gewebe aufgebaut. In den flächenförmig ausgebreiteten Laubblättern finden sich die Träger so eingefügt, daß deren Gurtungen zur obern und untern Blattseite parallel sind, und diese Blätter sind auch nur in einer Ebene biegungsfest. Diese Konstruktion, welche an den Blattquerschnitten der Abbildungen auf S. 316, Fig. 1, und S. 317, Fig. 3, zu sehen ist, wäre für aufrechte Stämme sehr unpassend. Der aufrechte Pfahlstamm, auf welchen bald von dieser, bald von jener Seite her der Wind anstürmt, muß nach verschiedenen Richtungen ohne Nachteil gekrümmt werden können, und dieser Anforderung entsprechend erscheinen in ihm die verschiedenartigsten Kombinationen der Träger ausgebildet. Gewöhnlich sind mehrere, zum wenigsten zwei, häufig aber sehr viele Träger so kombiniert, daß sie die Achse miteinander gemein haben, wie das durch die schematischen Querschnitte Fig. 2, 3 und 4 der Abbildung auf S. 686 dargestellt wird. In diesem Falle befinden sich sämtliche Gurtungen an der Peripherie des Stammes, und je zwei derselben, welche diametral gegenüberliegen, müssen immer als zu einem Träger gehörend angesehen werden. In manchen Stämmen haben sämtliche Gurtungen eine parallele Lage, in andern Fällen sind sie hin- und hergebogen und seitlich so miteinander verbunden, daß ein Gitterwerk der mannigfachsten Art entsteht; wieder in andern Fällen sind sämtliche nahe der Peripherie des Stammes liegende Gurtungen seitlich miteinander verschmolzen (Fig. 4, S. 686), so daß aus ihnen eine cylindrische Röhre entsteht, in welchem Falle die Füllung überflüssig wird

und die Stämme im Innern entweder hohl werden, oder nur mit lockerm Marke erfüllt erscheinen. Bisweilen ist jede einzelne Gurtung selbst wieder zu einem Träger umgestaltet und sind auf diese Weise die Gurtungen des Hauptträgers zu Trägern zweiter Ordnung geworden, wie das durch die Fig. 5 der Abbildung auf S. 686 dargestellt ist. Es besteht in dieser Beziehung eine Mannigfaltigkeit, welche kaum geringer sein dürfte als jene, welche in der Anordnung der Stränge in den Blättern beobachtet wird. Da aber die Untersuchungen in betreff des Verlaufes und der Gruppierung der Stränge aus mechanischem Gewebe in den Stämmen noch lange nicht so weit gediehen sind, um die verschiedenen



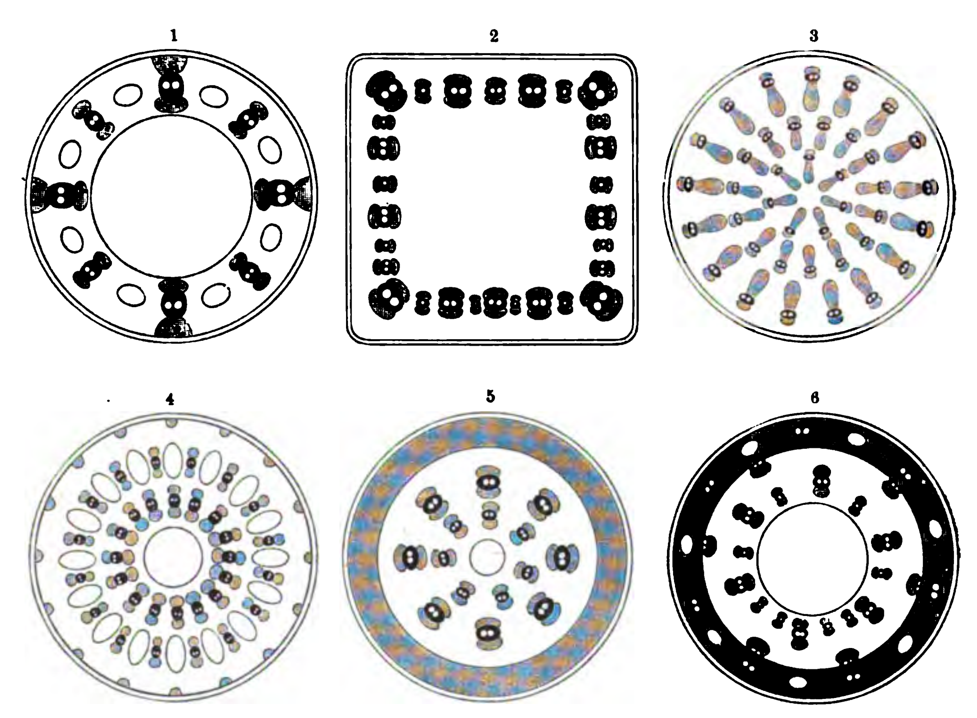
Querschnitte aufrechter Mittelblattstämme mit einfachen, zu einer cylindrischen Röhre verschmolzenen Trägern: 1. Weinbergslauch (Allium vineale). — 2. Gartennelke (Dianthus Caryophyllus). — 3. Quirlblätteriges Maiglöckchen (Convallaria verticillata). — 4 Blaues Pfeifengras (Molinia coerulea). — 5. Wohlriechender Waldmeister (Asperula odorata). — 6. Sumbulstaude (Euryangium Sumbul). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau, die Leitbündel schwarz mit eingeschalteten weißen Punkten. Vgl. Text, S. 690.

Formen in wohlgeordneter Reihe vorführen zu können, so beschränken wir uns darauf, in nachfolgendem die auffallendsten Fälle zu skizzieren.

Zunächst soll die Verteilung des mechanischen Gewebes, insoweit durch dieselbe die Biegungsfestigkeit aufrechter Stämme hergestellt wird, eine übersichtliche Darstellung finden. Es lassen sich in dieser Beziehung drei Formengruppen unterscheiden. Die erste Gruppe umfaßt die Formen mit einfachen Trägern, deren aus Hartbast gebildete Gurtungen möglichst nach außen gerückt, aber nicht zu einer cylindrischen Röhre miteinander verschmolzen sind. Die Verbindungslinie je zweier Gurtungen schneidet die Achse des Stammes. In diese Gruppe gehören fast alle jungen Stämme der Holzpflanzen, beispielsweise jene der Weiden, Eichen, Rüstern, Ahorne und Linden (s. Fig. 1 der schematischen Abbildung auf S. 687). Es muß aber auf die Bezeichnung „junge Stämme" ein besonderes Gewicht gelegt werden, denn in ältern Stämmen dieser Bäume, deren Holzkörper verdickt wurde, hat der Hartbast an der äußern Seite

des Kambiumringes, beziehentlich der Leitbündel seine Rolle ausgespielt, und seine Funktionen werden von dem Holzkörper, zumal den Holzfasern (Libriformzellen), übernommen (vgl. S. 685).

An den aufrechten Stämmen der in diese Gruppe gehörenden Staudenpflanzen finden sich sehr häufig Verstärkungen der einfachen Träger und zwar Kollenchymstränge, welche dicht an der Peripherie des Stammes liegen und so angeordnet sind, daß je ein Strang als Verstärkung des Hartbastbündels einer Gurtung erscheint. Die Fig. 2 der Abbildung auf S. 687 zeigt den Querschnitt durch den Stamm einer in diese Gruppe gehörenden



Querschnitt aufrechter Mittelblattstämme mit als Träger zweiter Ordnung ausgebildeten Gurtungen: 1. Rasige Binse (Scirpus caespitosus) — 2. Durchwachsenblätterige Silphie (Silphium perfoliatum). — 3. Schwarzstengeliger Bambus (Bambusa nigra). — 4. Blaugrüne Simse (Juncus glaucus). — 5. Gemeines Rohr (Phragmites communis). — 6. Zuckerrohr (Saccharum officinarum). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau, die Leitbündel schwarz mit eingeschalteten weißen Punkten. Vgl. Text, S. 690.

Staudenpflanze und zwar der weißen Taubnessel (Lamium album), bei welcher noch dazu die Eigentümlichkeit beobachtet wird, daß die verstärkenden Kollenchymstränge in den Ecken des vierkantigen Stammes dick und pfeilerförmig, jene, welche den Seiten des Stammes entsprechen, breit und abgeflacht sind. An den Palmen, für welche der schematische Querschnitt der Dattelpalme (Phoenix dactylifera, Fig. 3 auf S. 687) als Vorbild dienen kann, finden sich Verstärkungen der einfachen Träger in Gestalt zahlreicher Hartbastbündel, welche an der Peripherie des Stammes, aber nicht genau vor den Gurtungen der Träger entwickelt sind. Von diesen Hartbastbündeln liegen immer je zwei gegenüber, und sie sind als Gurtungen besonderer Träger aufzufassen. In den hierher zu rechnenden Fällen ist überhaupt die Zahl der Träger immer sehr groß, und die Gurtungen erscheinen in zwei, drei und noch mehr Kreisen am Querschnitte des Stammes. Bisweilen sind auch zwei oder drei benachbarte Gurtungen seitlich miteinander verschmolzen, was als ein Übergang zur nächsten Gruppe angesehen werden kann.

Die zweite Gruppe begreift alle Stämme, in welchen die Gurtungen zahlreicher einfacher Träger seitlich so verschmolzen sind, daß aus ihnen eine cylindrische Röhre hervorgeht. Diese Röhre liegt möglichst nahe der Peripherie des Stammes, besteht aus Hartbast und hat sich aus den Basteilen der ursprünglich getrennten Gefäßbündel entwickelt. Infolgedessen stehen die Leitbündel stets im Zusammenhange mit der Hartbaströhre. Die verschiedene Art dieses Zusammenhanges sowie das Vorhandensein oder Fehlen von Verstärkungen der biegungsfesten Baströhre bedingt in dieser Gruppe eine große Mannigfaltigkeit des Aufbaues. Einige der interessantesten Formen sind durch die Abbildung auf S. 688 zur Anschauung gebracht. Fig. 2 zeigt am Querschnitte des Stammes der Gartennelke (Dianthus Caryophyllus) die Leitbündel der innern Seite des Bastringes angelagert, Fig. 1 am Querschnitte des Stammes einer Lauchart (Allium vineale) die Leitbündel an der äußern Seite des Bastringes eingebettet und Fig. 3 am Querschnitte des Stammes einer Maiblümchenart (Convallaria verticillata) die Leitbündel ganz in den Bastring eingeschaltet. Der erstere Fall ist weitaus der häufigste und kann als charakteristisch für die meisten Kräuter und Stauden aus der Abteilung der Dikotyledonen angesehen werden, der zweite Fall findet sich bei mehreren Zwiebelgewächsen, und der dritte, der seltenste von allen, ist nur auf einige Monokotyledonen beschränkt. Die Verstärkungen treten entweder als leistenartige Vorsprünge der Baströhre auf, wie beispielsweise an dem Grase Molinia coerulea (Fig. 4 auf S. 688), oder als selbständige Kollenchymstränge in den Ecken des kantigen Stengels, wie an dem Waldmeister (Asperula odorata, Fig. 5 auf S. 688), oder aber es erscheint außerhalb der Baströhre ein Kreis selbständiger Hartbastbündel, wie an der stattlichen Doldenpflanze Euryangium Sumbul (Fig. 6 auf S. 688), welche auch auf der Tafel bei S. 703 abgebildet ist. In dem zuletzt aufgeführten Beispiele sind die Verstärkungen zu selbständigen einfachen Trägern kombiniert, und an der innern Seite jeder Gurtung findet sich ein Kanal, der mit Luft gefüllt ist.

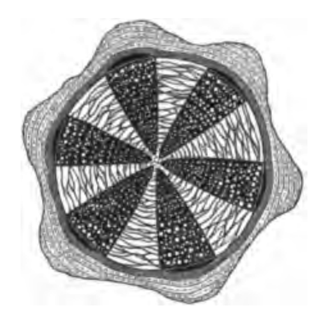
Die dritte Gruppe umfaßt alle Stämme, in welchen die Gurtungen als Träger zweiter Ordnung ausgebildet sind. Die Füllung besteht in den Trägern zweiter Ordnung immer aus den Leitbündeln, und die Gurtungen derselben werden aus Hartbast hergestellt. Bisweilen stehen die sekundären Träger in einem einzigen Kreise, in den meisten Fällen aber sind mehrere konzentrische Kreise ausgebildet. In der Abbildung auf S. 689 sind einige der auffallendsten Formen dieser Gruppe schematisch gezeichnet. Fig. 1 gibt ein Bild des Stammquerschnittes von Scirpus caespitosus, einer kleinen Binse, an welcher die sekundären, in einem einzigen Kreise angeordneten Träger mit großen Lufträumen abwechseln; Fig. 2 zeigt den Stammquerschnitt von dem auf S. 221 abgebildeten Korbblütler (Silphium perfoliatum) mit zahlreichen, zu den vier Seiten parallelen Reihen sekundärer Träger, und Fig. 3 ist der Stammquerschnitt eines Bambus (Bambusa nigra), an dem die sekundären Träger in mehreren konzentrischen Reihen gruppiert sind. Wie in der ersten und zweiten Gruppe, kommen auch hier wieder Verstärkungen vor und zwar am häufigsten in Gestalt von Röhren aus Hartbast- oder Kollenchymsträngen am Umfange des Stammes. An dem gemeinen Rohre (Phragmites communis, Fig. 5 auf S. 689) ist diese Röhre ohne alle Unterbrechungen und Einschaltungen, an dem Zuckerrohre (Saccharum officinarum, Fig. 6 auf S. 689) finden sich in der Baströhre Luftkanäle und auch Leitbündel eingeschaltet. Weit seltener wird die Verstärkung durch Bastbündel hergestellt, welche, nicht zur Röhre verschmolzen, dicht unter der Oberhaut des Stammes liegen, wie z. B. an der blaugrünen Simse (Juncus glaucus), deren Stammquerschnitt die Fig. 4 auf S. 689 zeigt. Diese Simse ist auch noch dadurch ausgezeichnet, daß zwischen die sekundären Träger, welche den äußern Kreis bilden, große Lufträume eingeschaltet sind. Einige der hier vorgeführten aufrechten, biegungsfesten Stämme sind im Innern hohl, andre sind mit

lockerm Marke ausgefüllt. In den schematischen Figuren wurde der zentrale Hohlraum durch eine Kreislinie umgrenzt.

Es ist im vorhinein zu erwarten, daß jene Stämme, welchen die Fähigkeit abgeht, sich ohne Stütze vom Boden in die Luft zu erheben, also jene zahlreichen Formen, welche unter dem Namen klimmende Stämme zusammengefaßt werden, einen andern Bau zeigen als die aufrechten Pfahlstämme. Nur die jungen Sprosse der klimmenden Pflanzen werden auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen; Stämme, welche eine Stütze gefunden haben, können diese Eigenschaft und demzufolge auch die entsprechenden Einrichtungen nahezu entbehren, dagegen müssen diese Stämme, zumal wenn sie ausdauernd sind und verholzen, gegen Zerrungen geschützt sein, welche infolge von Veränderungen der Stützen unvermeidlich sind. Felswände und alte Mauern, welche den kletternden Pflanzen zur Stütze dienen, werden allerdings keine Veränderungen erfahren, die tiefgreifend genug wären, um dadurch die an ihnen emporklimmenden Stämme besonders zu beeinflussen; anders aber verhält es sich mit Bäumen und Sträuchern, welche von ausdauernden klimmenden Pflanzen als Stütze erfaßt wurden. Diese Bäume und Sträucher wachsen nämlich fort und fort, ihr Stamm nimmt an Umfang zu, das Ausmaß der Äste und Zweige wird von Jahr zu Jahr ein andres, und es finden hier Verschiebungen und Lageänderungen statt, welche nicht ohne Einfluß auf diejenige Pflanze bleiben können, welche den wachsenden Baum oder Strauch als Stütze benutzte. Gesetzt den Fall, eine windende Pflanze habe den Stamm eines jungen Bäumchens oder den Zweig eines jungen Strauches erfaßt und umschlungen; Jahre vergehen, der Stamm des Bäumchens hat inzwischen den hundertfachen Umfang angenommen, der umwundene Zweig des Strauches ist um 1 m verschoben worden; da kann wohl auch die Wirkung auf den umwindenden Klimmstamm nicht ausbleiben, und es bedarf keiner weitern Auseinandersetzung, daß diese Wirkung als Zerrung, als Zug und seitlicher Druck zur Geltung kommt. Die ausdauernden windenden Pflanzen müssen daher darauf eingerichtet sein, daß ihr Stamm Zerrung und seitliche Pressung ohne Nachteil verträgt, mit andern Worten, ihr Stamm muß zug- und druckfest aufgebaut sein. Die Zugfestigkeit wird bei den windenden und auch bei den flechtenden Stämmen in sehr verschiedener Weise hergestellt, in vielen Fällen, wie namentlich bei dem Rotang oder den Kletterpalmen, durch starke Lagen von Hartbast an den der Achse des Stammes zunächst liegenden Gefäßbündeln, in andern Fällen, wie z. B. bei Tamus und Dioscorea, durch bedeutende Verdickung der Markzellen und wieder in andern Fällen, beispielsweise bei mehreren Pfefferarten, durch Ausbildung eines Ringes mechanischer Zellen innerhalb des peripheren Gefäßbündelkreises. Für den windenden Stamm, der gegen Zug gesichert sein soll, ist es jedenfalls von Vorteil, wenn die seinem Zentrum zunächst liegenden Gewebe eine entsprechende Festigkeit besitzen. Es ist insofern ein gewisser Gegensatz zu den aufrechten Stämmen nicht zu verkennen, und es hängt wohl damit auch zusammen, daß das Mark, beziehentlich die Markhöhlung in den windenden Stämmen sehr reduziert ist, und daß hohle schlingende Stämme, wie z. B. jener von Thunbergia laurifolia (vgl. S. 445), zu den Seltenheiten gehören. Gegen seitlichen Druck sind die ausdauernden windenden Stämme zumeist durch eine Schicht von Kollenchym, die wie ein Mantel die leitenden Gewebe umgibt, geschützt. Bisweilen ist der Kollenchymmantel auch mit Bastbündeln in Verbindung, und ohne Zweifel sind es dieselben mechanischen Zellen, welche den jugendlichen windenden Stamm biegungsfest machten, die nun später gegen seitlichen Druck zu schützen die Aufgabe haben.

Rankende ausdauernde Pflanzen sind, wenn sie sich an wachsenden Holzpflanzen angeklammert haben, denselben früher geschilderten Fährlichkeiten ausgesetzt wie die windenden und flechtenden; bei ihnen wird aber in der Regel durch die Ranken die Sicherung

gegen das Zerreißen hergestellt, und es kommt vor, daß jene Gewebe, welche die Zugfestigkeit bedingen, in den Stämmen selbst fehlen, und daß nur die von diesen Stämmen ausgehenden Ranken zugfest gebaut sind, wie beispielsweise an der Alpenrebe (Atragene alpina), von welcher untenstehend ein Querschnitt des Stammes abgebildet ist. Begreiflicherweise sind dann die Ranken sehr kompliziert gebaut. Vor allem müssen sie eine große Zugfestigkeit besitzen; da ihnen aber auch noch andre Funktionen zukommen, und da diese Funktionen vor und nach dem Umfassen der Stütze verschieden sind, so treten in ihnen sehr auffallende Veränderungen des innern Baues im Verlaufe der Entwickelung ein. Zuerst sind sie auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen, dem entsprechend das mechanische Gewebe an der Peripherie entwickelt ist, später sollen sie zugfest sein, was notwendig macht, daß sich mechanisches Gewebe näher an der Achse ausbildet. An der konvexen Seite der um die Stütze gekrümmten Ranke ist eine reichlichere Ausbildung mechanischen Gewebes erforderlich, um dort die Zugfestigkeit zu erhöhen und anderseits auch das Abrollen von der ergriffenen Stütze zu verhindern, welche Ausbildung denn auch thatsächlich an allen Ranken beobachtet wird.



Querschnitt des rankenden Stammes der Alpenrebe (Atragene alpina). Die Gewebe sind in folgender Weise charakterisiert. Der Weichbast: ganz schwarz; das Holz: größere und kleinere weiße Punkte auf schwarzem Grunde; das mechanische Gewebe: schräg schraffiert; der Kork (Periderm): gestrichelt.

Ältere verholzte Stämme rankender und windender Gewächse zeigen nicht selten einen der Länge nach zerklüfteten Holzkörper. Bevor derselbe das zerklüftete Ansehen erhält, sind die schmalen Gefäßbündel, welche der Hauptmasse nach aus Holz bestehen, durch ein lockeres, großmaschiges Gewebe seitlich getrennt; zentrales Mark fehlt; am Durchschnitte gleichen die schmalen Gefäßbündel eines solchen Stammes den Speichen eines Rades, und das schwach entwickelte mechanische Gewebe, welches in dem einjährigen Stamme die Biegungsfestigkeit herzustellen hatte, sowie der Kork (Periderm) bilden gewissermaßen den Reifen des Rades (s. die nebenstehende Abbildung).

Wenn man auf solche alte Stämme einen seitlichen Druck ausübt, so zerbricht und zerreißt an der gepreßten Stelle der Kork und Hartbast, doch nur über dem toten großmaschigen Gewebe, während er über den schmalen Gefäßbündeln unverletzt bleibt. Auch das großmaschige tote Gewebe zerreißt, zerbröckelt, fällt aus den Nischen zwischen den Gefäßbündeln heraus, und die Gefäßbündel, welche jetzt das Ansehen von Holzplatten oder Holzblättern haben, legen sich an der Seite, wo der Druck stattfindet, wie die Blätter eines Buches aufeinander. Der Holzkörper macht jetzt den Eindruck, als wäre er der Länge nach in Platten oder Blätter gespalten oder zerklüftet worden. Diese Vorgänge haben auf die Funktion der Gefäßbündel, auf die Leitungsfähigkeit des Holzes sowohl als jene des Weichbastes keinen störenden Einfluß, dagegen wird durch das Aufeinanderlegen der Holzplatten die Querschnittsform des ganzen Stammes eine andre; der seitliche, auf die Breitseiten der plattenförmigen Gefäßbündel wirkende Druck ist jetzt ohne Nachteil und unterbricht die Saftleitung weder im Holze noch im Weichbaste.

Daß auch durch die Ausbildung bandförmiger Stämme an windenden oder rankenden Gewächsen die Nachteile seitlichen Druckes auf die leitenden Gewebe, zumal auf den Weichbast, hintangehalten werden, ist bereits auf S. 444 an einem Beispiele (Rhynchosia phaseoloides) erläutert worden, und ich möchte den dort gemachten Bemerkungen hier nur noch beifügen, daß mit der Verflachung und bandförmigen Gestaltung des Holzkörpers und mit der Ausbildung des sogenannten Flügelholzes auch eine Ersparung an

Baumaterial verbunden ist. Wäre der Stamm cylindrisch, so müßte zum Schutze des Weichbastes gegen seitlichen Druck ringsum ein umfangreiches mechanisches Gewebe ausgebildet werden. Der bandförmige Stamm kann dasselbe aber füglich entbehren, denn der auf seine Schmalseite gerichtete Druck kommt überhaupt kaum in Betracht, und gegen den Druck auf die Breitseite ist der Weichbast durch die als Schutzpfosten wirkenden Holzkörper trefflich gesichert.



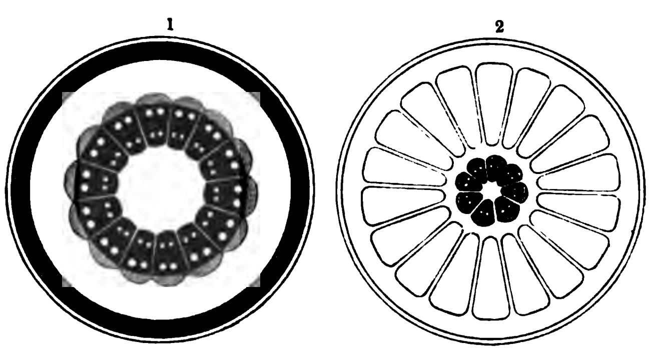
Wellung bandförmiger alter Lianenstämme (Bauhinia anguina) aus dem Tropenwalde Indiens. Vgl. Text, S. 694.

Die schraubige Drehung der bandförmigen Lianenstämme, welche auch an der auf S. 443 abgebildeten Rhynchosia phaseoloides ersichtlich gemacht ist, vermehrt ohne Zweifel die Zugfestigkeit, was in allen jenen Fällen von Wichtigkeit ist, wo wachsende Bäume oder Sträucher zur Stütze dienen und Zerrungen der ihnen anliegenden Lianen unvermeidlich sind.

Auch die Wellung der bandförmigen Lianenstämme in den tropischen Wäldern, wie sie an vielen Bauhinien und an den seltsamen unter dem Namen „Affenstiegen" bekannten Caulotretusarten vorkommt, darf wohl als ein Schutz gegen Zerrung der saftleitenden Gewebe aufgefaßt werden. Wie an den Ausschnitten der Stämme einer Bauhinia

in der Abbildung auf S. 693 ersehen werden kann, ist nur der mittlere Teil des bandförmigen Stammes stark gewellt, die beiden Ränder sind weit weniger hin- und hergebogen, manchmal sogar gerade und bilden einen festen Rahmen für das stark gewellte Mittelfeld. Im Falle einer Längszerrung wird zunächst nur der Rahmen betroffen, die Gewebe im Mittelfelde können die Säfte unbeirrt von und zu den an den Breitseiten entspringenden Ästen hinleiten.

Ähnlich den klimmenden sind auch die Stämme der Wasserpflanzen, ebenso jene, welche in Erde eingebettet sind, und endlich auch die der Oberfläche des Erdreiches aufgelagerten Stammbildungen nur wenig auf Biegungsfestigkeit, desto mehr aber auf Zug- und Druckfestigkeit in Anspruch genommen. Für die Stämme aller dieser Gewächse bildet das Erdreich oder die umgebende Wassermasse die unmittelbare Stütze, und es ist für sie jene Anordnung der Gewebe, deren die frei in den Luftraum hineinwachsenden aufrechten Stämme bedürfen, überflüssig. Es fehlen ihnen in der That auch die an der Peripherie verlaufenden Hartbast- und Kollenchymstränge, welche für aufrechte Stammgebilde so charakteristisch sind; die Gefäßbündel erscheinen, wie das für zugfeste Organe am vorteilhaftesten ist, gegen das Zentrum des Stammes zusammengerückt, die diesen Bündeln angehörenden Baststränge sind vom Stammumfange verhältnismäßig weit entfernt, das zentrale Mark ist sehr reduziert und fehlt manchmal vollständig. (Vgl. die schematischen Querschnitte eines Ausläufers der Gartenerdbeere [Fragaria grandiflora] und einer Wasserpflanze [Myriophyllum spicatum] in der obenstehenden Abbildung.) Gegen den seitlichen Druck, welcher von der umgebenden Erde oder dem umgebenden Wasser ausgeht, sind die hier in Betracht kommenden Stämme durch eine Schicht dickwandigen Parenchyms (Fig. 1) oder durch die Gewebespannung in der Umgebung größerer, der Länge nach außerhalb des Gefäßbündelkreises im Stamme hinauflaufender Luftkanäle (Fig. 2) geschützt. Den unterirdischen Stämmen des Studentenröschens (Parnassia palustris) und mehrerer andrer krautartiger Pflanzen fehlt das Mark vollständig, sie zeigen einen zentralen Strang aus zusammengedrängten Gefäßbündeln und stimmen in ihrem Baue ganz mit den in Erde eingelagerten Wurzeln überein.



1. Querschnitt durch den dem Boden aufliegenden Ausläufer der Gartenerdbeere (Fragaria grandiflora). — 2. Querschnitt durch den Stamm des ährigen Tausendblattes (Myriophyllum spicatum). Es erscheinen in dieser schematischen Abbildung die mechanischen Gewebe grau, die Leitbündel schwarz mit eingeschalteten weißen Punkten.

Aus dieser übersichtlichen Darstellung geht zur Genüge hervor, daß die Anordnung der Gewebe in den Stammgebilden nicht so sehr davon abhängt, ob das betreffende Stück der Niederblatt-, Mittelblatt- oder Hochblattregion angehört, als vielmehr von den Beziehungen zur Außenwelt und zwar insbesondere von dem Einflusse, welchen die zur Stütze oder Unterlage dienende Umgebung ausübt. Der Stamm als Träger des Laubes und der Blüten muß so gebaut sein, daß die genannten Organe, in Luft und Licht emporgehoben, gesonnt, den Strömungen des Windes und dem Besuche fliegender Insekten und Vögel ausgesetzt und in dieser vorteilhaftesten Lage trotz aller widrigen Einflüsse der Umgebung erhalten werden können; in einem solchen Stamme vereinigen sich auch die Organe,

welche der Zu- und Ableitung der Nähr- und Baustoffe dienen, und deren Leistungsfähigkeit durch Druck, Knickung und Zerrung nicht zeitweilig unterbrochen oder ganz unmöglich gemacht werden darf. Alle diese Funktionen des Stammes sind durch die abweichenden Verhältnisse des Standortes und die jeder Art eigentümlichen Formen des Laubes und der Blüten in der mannigfaltigsten Weise beeinflußt und geregelt, stehen miteinander in der wundersamsten Wechselwirkung, und es ist die verschiedene Anordnung der Gewebe im Bereiche des Stammes in jedem einzelnen Falle nichts andres als der Ausdruck des Zusammenhanges der Gestalt mit den Lebensbedingungen der Pflanzen.

Hochblattstamm.

Jeder Stammteil, von welchem Hochblätter ausgehen, wird Hochblattstamm (thalamus) genannt. Der Hochblattstamm hat stets die Gestalt einer Achse, von welcher zu oberst die Samenblätter, Fruchtblätter und Pollenblätter und weiter abwärts die Blumenblätter ausladen. Gleich jedem andern Stamme ist auch der Hochblattstamm aus so vielen Gliedern aufgebaut, als Blätter in vertikalen Abständen an seinem Umfange angelegt sind; da die vertikalen Abstände aber meistens sehr klein ausfallen, so ist die Gliederung mit freiem Auge selten deutlich zu erkennen. Nur unterhalb der Blumenblätter erscheint der Hochblattstamm mehr oder weniger gestreckt, und man unterscheidet diesen Teil als Blütenstiel von jenem Stammteile, welcher die Blütenblätter trägt und Blütenboden genannt wird.

Der Blütenstiel (pedunculus) entspringt nur bei einigen Rafflesiaceen unvermittelt jenem Gewebe, welches den Niederblattstamm repräsentiert. Ebenso ist es ein verhältnismäßig seltener und nur auf einjährige Pflanzen beschränkter Fall, daß der aus der Knospe des Keimblattstammes hervorgegangene Stamm, welcher als die erste Hauptachse des ganzen Pflanzenstockes anzusehen ist, direkt in den Blütenstiel übergeht und mit einem Blütenboden endigt. Nicht selten erhebt sich dagegen der Blütenstiel als Seitenachse aus der ersten Hauptachse des Pflanzenstockes, und am öftesten geht derselbe als Seitenachse aus einem Stammgebilde hervor, welches mit Bezug auf die erste Hauptachse selbst nur eine Seitenachse darstellt. Die Ursprungsstätte des Blütenstieles kann in allen drei Regionen des Pflanzenstockes liegen. An vielen chlorophyllosen Schmarotzern und Verwesungspflanzen geht derselbe aus der Achsel eines schuppenförmigen Niederblattes hervor, an vielen einjährigen Gewächsen, z. B. dem Gauchheil und dem epheublätterigen Ehrenpreis (Anagallis arvensis und Veronica hederifolia), entspringt er der Achsel eines grünen Laubblattes, am häufigsten aber wird derselbe in der Achsel eines zu den Hochblättern zu zählenden sogenannten Deckblattes ausgebildet.

Selten stehen die Blüten vereinzelt; in den meisten Fällen sind sie gruppenweise vereinigt, und man nennt einen solchen Verein Blütenstand (inflorescentia). Zum Zwecke der Pflanzenbeschreibung hat sich das Bedürfnis herausgestellt, die verschiedenen Blütenstände mit kurzen Namen zu belegen, und es wurde eine eigne Terminologie festgestellt, welche zu dem Trefflichsten gehört, was die ältern Botaniker in dieser Richtung geschaffen haben, die aber in neuerer Zeit durch das Einführen und Substituieren einer Unzahl aus dem Griechischen abgeleiteter, sehr gelehrt klingender, aber vollständig überflüssiger Namen recht schwerfällig geworden ist. Diese Terminologie in ihren Einzelheiten zu verfolgen, liegt nicht im Plane dieses Buches. Es genügt hier, die auffallendsten Formen der Blütenstände vorzuführen. Ich werde mich auch über die Bedeutung, welche diesen verschiedenen Zusammenstellungen und Gruppenbildungen der Blüten für das Leben der

Pflanze zukommt, möglichst kurz fassen, da gerade dieses Thema bei der Besprechung der Befruchtungsvorgänge, zumal der Kreuzung benachbarter Blüten, im zweiten Bande des „Pflanzenlebens“ eine ausführliche Erörterung finden wird und Wiederholungen möglichst vermieden werden sollen.

Bei der Beschreibung der Blütenstände ist man darauf angewiesen, die Worte Hauptachse und Nebenachse vielfach in Anwendung zu bringen, und um Mißverständnissen vorzubeugen, ist es am Platze, nochmals darauf hinzuweisen, daß die Hauptachse des Blütenstandes, d. h. jener Stammteil, aus welchem die Blütenstiele abzweigen, nur in seltenen Fällen die gerade Fortsetzung desjenigen Stammes bildet, welcher aus der Knospe des Keimblattstammes hervorgegangen ist und welcher die erste eigentliche Hauptachse des ganzen Pflanzenstockes darstellt. Selbst an den Hyazinthen ist der grüne Schaft, welcher sich aus der Erde erhebt und an seinem obern Teile in eine Fülle von Blütenstielen auszweigt, nicht die ursprüngliche Hauptachse, sondern eine Nebenachse, welche aus der Achsel eines Zwiebelblattes unterirdisch entspringt. Man hat sich aber gewöhnt, jenen Stamm als Hauptachse zu bezeichnen, welcher gewissermaßen die Führung in einem bestimmten Abschnitte des Stammes übernommen hat und der in den Achseln seiner Blätter Knospen anlegt, die zu Seitenstämmen werden. Das Wort Hauptachse ist daher nur relativ zu nehmen; mit Beziehung auf seine Seitenachsen gilt der betrachtete Stamm als Hauptachse, mit Rücksicht auf den Stamm, der ihm zur Ursprungsstätte diente, hat er selbst wieder als Seitenachse zu gelten. Um die Darstellung der Blütenstände zu erleichtern und die Beschreibungen abzukürzen, empfiehlt es sich, die Hauptachse, um welche sich alle einzelnen Blütenstiele wie um ein gemeinsames Zentrum gruppieren, oder welche in auffallender Weise die Führung des ganzen Achsensystemes übernommen hat, als Spindel zu bezeichnen.

Man hat die Blütenstände übersichtlich in zwei Gruppen, in zentrifugale und zentripetale, zusammengestellt. In den zentrifugalen Blütenständen schließt die Spindel mit einer Blüte ab, bleibt aber im Wachstume zurück und wird von zwei, seltener von drei Seitenachsen überholt, welche unterhalb der eben erwähnten zuerst angelegten Blütenknospe aus der Spindel entspringen. An jeder dieser Seitenachsen können wieder Seitenachsen entstehen und kann neuerdings ein Überholen der relativen Hauptachse in der angedeuteten Weise vorkommen. Die Blütenknospe, von welcher die Spindel abgeschlossen wird, öffnet sich immer zuerst, dann kommen die Blütenknospen an den Seitenachsen erster Ordnung, dann jene an den Seitenachsen zweiter Ordnung u. s. f. an die Reihe. Im großen und ganzen geht demnach die Entfaltung der Blütenknospen vom Zentrum gegen den Umfang des Blütenstandes entsprechend der Altersfolge vor sich, und ein solcher Blütenstand kann daher auch zentrifugal genannt werden. Die einfachste Form, gleichsam das Vorbild aller zentrifugalen Blütenstände, ist die einfache Cyme (cyma). Sie zeigt nur drei Blütenstiele, einen mittlern ältern (die Spindel) und zwei seitliche jüngere. Da die letztern in gleicher Höhe von der Spindel entspringen, so erscheint die einfache Cyme als dreizinkige Gabel. Manchmal kommt es vor, daß die Blütenknospe an der Spindel verkümmert oder gar nicht zur Entwickelung kommt, und dann präsentiert sich der Blütenstand wie eine zweizinkige Gabel (z. B. an vielen Geißblattarten). Werden die von der Spindel ausgehenden Seitenachsen zum Ausgangspunkte von Seitenachsen zweiter Ordnung, und wiederholt sich dabei die eben geschilderte Gruppierung, so spricht man von einer zusammengesetzten Cyme (cyma composita). Die Blütenstiele können an der zusammengesetzten Cyme dreigabelig oder zweigabelig gruppiert sein, und es kann sich diese Verzweigung schier endlos wiederholen, wie das z. B. an dem rispigen Gipskraute (Gypsophila paniculata) der Fall ist. Wenn von zwei gegenständigen Blütenstielen oder Seitenachsen einer Cyme die eine nicht zur Entwickelung kommt, die andre dagegen sehr kräftig

wird und die Spindel überholt, so macht sie den Eindruck der Hauptachse, und man hält dann im ersten Augenblicke die Spindel für die Seitenachse. Auch an der kräftigen Seitenachse kommt oft von den Seitenachsen zweiter Ordnung die eine nicht zur Entwickelung, während die andre um so kräftiger auswächst. Geht das so fort und fort, so entsteht jene Form des cymatischen Blütenstandes, welche man mit dem Namen Wickel (cincinnus) bezeichnet, von dem dann wieder zahlreiche Modifikationen unterschieden werden. Sind die Blütenstiele einer zusammengesetzten Cyme sämtlich deutlich sichtbar und der ganze Blütenstand umfangreich und weitschweifig, so wird derselbe Rispe (panicula) genannt; erscheinen dagegen die Blütenstiele sehr verkürzt und infolgedessen die Blüten dicht zusammengedrängt, so nennt man den Blütenstand einen Büschel (fasciculus). Die Nelkengewächse, die Lippenblütler und die rauhblätterigen Pflanzen zeigen eine geradezu unerschöpfliche Mannigfaltigkeit cymatischer Blütenstände.

Die zentripetalen Blütenstände sind daran zu erkennen, daß die Spindel mit einer Knospe abschließt, welche dem Alter nach das jüngste Gebilde des ganzen Blütenstandes ist, während die am entgegengesetzten untern Ende der Spindel entspringenden Blütenstiele als die ältesten Seitenachsen aufzufassen sind. Sieht man von obenher auf einen solchen Blütenstand, oder veranschaulicht man sich die Ausgangspunkte der einzelnen Blütenstiele in einer Horizontal-Projektion, so stehen die untersten und zugleich ältesten Blütenstiele an der Peripherie, die jüngsten im Zentrum des Blütenstandes. Die Blüten an den ältesten Blütenstielen entfalten sich zuerst, jene der jüngsten Blütenstiele zuletzt, und das Aufblühen geht demnach in zentripetaler Reihenfolge vor sich. Die Spindel wird in der Regel durch eine verkümmerte Knospe abgeschlossen, welche nicht zur weitern Entwickelung kommt; in manchen Fällen ist diese Knospe aber nicht verkümmert, ist eine Laubknospe, aus der später ein belaubter Sproß hervorgeht, wie das besonders auffallend an mehreren neuholländischen Myrtengewächsen aus der Abteilung der Leptospermeen (Callistemon, Metrosideros, Melaleuca), desgleichen an vielen Bromeliaceen (z. B. der Ananas, Ananassa sativa) der Fall ist. Man unterscheidet von zentripetalen Blütenständen die Traube (racemus) mit verlängerter Spindel und deutlichen Blütenstielen, die Ähre (spica) mit verlängerter Spindel und auf das äußerste verkürzten Blütenstielen, die Dolde (umbella) mit einer auf das äußerste verkürzten Spindel und verlängerten Blütenstielen und das Köpfchen (capitulum) mit einer sehr verkürzten und dabei verdickten Spindel und auf das äußerste verkürzten Blütenstielen. Alle diese Blütenstände sind durch Mittelformen miteinander verkettet, von welchen die für die Schottengewächse besonders charakteristische Doldentraube (corymbus), ein Bindeglied von Dolde und Traube, noch besonders erwähnt zu werden verdient. Die größte Mannigfaltigkeit zeigt das Köpfchen, doch ist diese Mannigfaltigkeit weniger durch die verschiedene Gestalt des Hochblattstammes als die Form der Hochblätter, zumal der zahlreichen gehäuften Deckblätter, welche zusammengenommen als kelchartige Hülle die Blüten umgeben, bedingt. Erwähnenswert ist auch noch eine Form der Ähre mit sehr verdickter Spindel, welche Kolben (spadix) genannt wird, und dann die unter dem Namen Kätzchen (amentum) bekannte Ähre, welche Blüten ohne Blumenblätter in den Achseln schuppenförmiger Deckblätter enthält und nach dem Verblühen oder nach der Fruchtreife als Ganzes abfällt, nachdem an der Basis der Spindel früher eine Trennung des Gewebes und eine Ablösung der Zellen stattgefunden hat.

Ähren, ährenförmig gruppiert, bilden eine zusammengesetzte Ähre (spica composita); Trauben, in Traubenform angeordnet, erzeugen eine zusammengesetzte Traube (racemus compositus), und Dolden, doldenförmig vereinigt, geben eine zusammengesetzte Dolde (umbella composita). Erstere kommt bei Gräsern, letztere bei den Doldengewächsen sehr häufig vor.

Man unterscheidet nun auch noch die mannigfaltigsten andern Kombinationen der oben aufgeführten einfachen Blütenstände, und es ist sehr beachtenswert, daß insbesondere Verbindungen zentripetaler mit zentrifugalen Blütenständen häufig vorkommen. Köpfchen sowie zusammengesetzte Dolden, welche cymatisch angeordnet sind, Cymen, welche sich in Form von Ähren und Trauben aneinander reihen, sind eine sehr gewöhnliche Erscheinung. In solchen Blütenständen findet dann ein Umspringen in der Reihenfolge des Aufblühens statt. Unter den vielen Dolden, welche zu einer umfangreichen Cyme vereinigt sind, kommt die mittelständige Dolde zuerst an die Reihe; aber es öffnen sich an ihr nicht die mittelsten Blüten, sondern jene, welche an ihrem Umfange stehen. Sind Cymen ährenförmig gruppiert, so blühen zuerst die untersten, beziehentlich jene an der Peripherie des ganzen Blütenstandes auf, aber an jeder einzelnen Cyme öffnen sich immer zuerst die zentralen Blüten.

Die für jede Pflanzenart genau geregelte Reihenfolge des Aufblühens hängt mit der Übertragung des Blütenstaubes oder Pollens auf die Narben, also mit den Befruchtungsvorgängen zusammen. Wenn in einer und derselben Blüte die Organe, in welchen der Blütenstaub, und jene, in welchen die Eichen ausgebildet werden, knapp nebeneinander stehen, so möchte man glauben, daß der Blütenstaub auch immer zuverlässig auf die benachbarte Narbe gelangt. Diese Mutmaßung wird aber durch die Erfahrung nicht bestätigt; es hat sich vielmehr herausgestellt, daß es für die Pflanzen von Vorteil ist, wenn der Pollen einer Blüte auf die Narbe einer andern Blüte und zwar auf die Blüte eines ganz andern, oft fern stehenden Stockes gelangt, und daß demnach, wenigstens im Anfange der Blütezeit, eine Kreuzung angestrebt ist. Ich gebrauche hier das Wort „angestrebt" und vermeide absichtlich, zu sagen, daß die Kreuzung verschiedener Pflanzenstöcke wirklich auch stattfindet; denn sehr oft wird aus irgend einem Grunde die Kreuzung verhindert. Dieser Fall des Mißlingens ist auch wirklich vorgesehen, d. h. es ist für den Fall des Fehlschlagens der Kreuzung verschiedener Pflanzenstöcke Vorsorge getroffen, daß dann im zweiten Stadium des Blühens der Blütenstaub auf die Narben der benachbarten Blüten an demselben Stocke gelange. Erst dann, wenn auch dieser Plan fehlschlägt, kommt bei den meisten Pflanzen, sozusagen im letzten Augenblicke, der in den Pollenbehältern einer Blüte entwickelte Blütenstaub auf die Narbe in derselben Blüte, welche bis zu dieser Zeit, trotzdem daß sie in unmittelbarster Nähe sich befand, immer noch intakt geblieben war. Die wunderbaren, äußerst komplizierten Einrichtungen, welche zur Erreichung dieses dreifachen Zieles getroffen sind, werden im zweiten Bande ausführliche Behandlung finden, hier mußten dieselben aus dem Grunde eine vorläufige Erwähnung finden, weil gerade die eigentümliche Gruppierung und die merkwürdige Reihenfolge des Öffnens der Blüten Einrichtungen darstellen, welche die Kreuzung benachbarter Blüten möglich machen, und weil die Gestalt der Blütenstände nur im Zusammenhalte mit diesen Einrichtungen verständlich wird.

An Tausenden verschiedener Pflanzenarten kann man sehen, daß für den Fall, als die Kreuzung der Blüten verschiedener Stöcke mißlingt, durch Verlängerungen, Krümmungen, Senkungen und verschiedene andre Lageänderungen bald der Griffel, bald der Pollenblätter, bald des Blütenbodens, bald der Blütenstiele eine Kreuzung der benachbarten Blüten desselben Stockes zu stande kommt. In den traubenförmigen Blütenständen von Eremurus beugt sich der lange, gegen die Spindel eingeschlagene Griffel der untern Blüten gegen das Ende der Blütezeit nach aufwärts, um sich den an den obern jüngern Blüten exponierten Pollen zu holen, und Ähnliches geschieht in den Blütenbüscheln der Waldmeisterart Asperula taurina, in welchen sich die Griffel seitlich in den Bereich der Nachbarblüten hinüberneigen, um dort mit den pollenbeladenen Antheren in Berührung zu kommen.

Die Staubfäden des wolligen Schneeballes (Viburnum Lantana) krümmen sich aus der einen Blüte so weit zu den Nachbarblüten hinüber, daß der aus den Antheren ausfallende Pollen gerade auf die Narbe dieser Nachbarblüten gelangen muß. Ähnlich verhalten sich Hacquetia, Chaerophyllum hirsutum, Siler trilobum und verschiedene andre Doldenpflanzen. An diesen strecken sich nämlich die Staubfäden der im Zentrum des Döldchens stehenden Blüten so lange vor, bis die von ihnen getragenen, mit Pollen beladenen Antheren über die Narben der benachbarten ältern, der Pollenblätter bereits beraubten peripheren Blüten der Dolde zu stehen kommen. Bei Anthriscus silvestris stellen sich die jüngern so über die ältern Dolden, daß der aus den erstern abfallende Pollen unvermeidlich auf die letztern unter ihnen stehenden gelangen muß.

Bei zahlreichen Korbblütlern, namentlich den Astern und Goldruten (Aster und Solidago) sowie den Arten der Gattungen Cacalia, Senecio und Arnica, sind die röhrenförmigen Blüten im Mittelfelde des Köpfchens so gruppiert, daß der von den jüngern innern Blüten abgestoßene Pollen unvermeidlich auf die Narben der benachbarten äußern Blüten fallen muß, ohne daß dabei irgend eine besondere Streckung oder Krümmung stattzufinden braucht; bei jenen Korbblütlern hinwiederum, als deren Vorbild die Kamille (Matricaria Chamomilla) gelten kann, werden durch eine Verlängerung der gewölbten oder zapfenförmigen Spindel und eine dadurch veranlaßte geringe Hebung, Neigung und Verschiebung der zum Köpfchen vereinigten Blüten die Narben der peripheren ältern in die Falllinie des Pollens der innern jüngern Blüten gebracht. Sehr viele Korbblütler mit Zungenblüten, wie z. B. die Arten der Gattung Bocksbart und die Habichtskräuter (Tragopogon und Hieracium), öffnen und schließen periodisch ihre Köpfchen, d. h. die zungenförmigen Teile ihrer Blüten krümmen sich zeitweilig nach außen, so daß deren obere Seite dem Himmel zugewandt ist; dann aber richten sie sich wieder auf, krümmen sich einwärts und schließen dicht zusammen. Bei diesem Schließen des Köpfchens werden immer die Narben der peripheren an den Pollen der zentralen Blüten angedrückt und wird dadurch notwendig eine Kreuzung der Nachbarblüten herbeigeführt. Alle diese Kreuzungen aber könnten nicht erfolgen, wenn sich die Blüten eines Stockes in größern Abständen entwickeln und zu gleicher Zeit entfalten würden, und ohne Zweifel ist die Ausbildung von Köpfchen, Dolden, gedrängten Trauben, Ähren und Cymen eine für das Zustandekommen der Kreuzung der Blüten sehr wichtige Einrichtung.

Ein andrer Vorteil, welcher durch die Häufung der Blüten erreicht wird, besteht darin, daß bestimmte Teile der einen Blüte als zeitweilige Ablagerungsstätte für den im Momente der Entbindung noch nicht zum Ausstreuen in die Luft geeigneten Blütenstaub einer andern benachbarten Blüte dienen. Ich wähle zur Klarstellung dieser besonders an den Kätzchen zu beobachtenden Einrichtung die Blüten der auf S. 700 abgebildeten Walnuß (Juglans regia). Solange der Blütenstaub noch nicht ausgebildet ist, erscheinen die betreffenden Blüten in eine kurze, dicke, steife Ähre zusammengedrängt, deren Spindel mit ihrem freien Ende aufwärts gerichtet ist. Gleichzeitig mit der Entwickelung des Blütenstaubes in den Antheren vollziehen sich aber in verhältnismäßig kurzer Zeit sehr auffallende Veränderungen im ganzen Blütenstande. Binnen wenigen Tagen hat sich die Spindel um das Drei- oder Vierfache verlängert und ist schlaff und überhängend geworden; die Blüten wurden dadurch etwas auseinander gerückt und in eine gestürzte Lage gebracht, so zwar, daß jetzt die offene Seite der Blüten nach abwärts, die Rückseite nach aufwärts gewendet ist. Bei Windstille öffnen sich die an dünnen, kurzen Fäden hängenden Antheren, und der Pollen kollert aus ihnen als eine staubartige Masse heraus. Er fällt aber nicht sofort in den Luftraum, sondern zuerst auf die Rückseite einer Nachbarblüte und zwar derjenigen, welche früher an

der aufrechten Ähre, über den betreffenden Antheren stand, jetzt, nachdem die Ähre hängend geworden ist, unter denselben steht. Diese Rückseite ist deutlich grubig vertieft, und in dieser Grube wird nun, wie in der untenstehenden Abbildung zu sehen ist, der Pollen aus der darüberstehenden Blüte zeitweilig deponiert. Derselbe soll auf die Narben von Blüten



1. Zweig des Walnußbaumes (Juglans regia) mit hängenden Kätzchen; in natürlicher Größe. — 2. Das abgeschnittene Ende eines Kätzchens; vergrößert. Vgl. Text, S. 699.

gelangen, die ziemlich weit von den Kätzchen entfernt, oft an andern Zweigen, hoch oben in den Baumkronen sich entwickelt haben. Würde er nach dem Öffnen der Antheren unaufgehalten zur Erde niederfallen, so wäre das höchst unvorteilhaft, er wäre verloren und vergeudet, und weder günstige Luftströme noch leicht beschwingte Insekten vermöchten ihn noch vom Erdboden zu den narbentragenden Blüten an den Baumzweigen emporzutragen. In den Gruben an der Rückseite der Blüten zurückgehalten, nimmt er dagegen, wie auf

einer Wartestation, die denkbar günstigste Lage ein. Bei Windstille bleiben die trobbelförmigen Ähren unbewegt, und der Pollen verhält sich ruhig auf seiner zeitweiligen Ablagerungsstätte. Sobald sich aber ein Windstoß in horizontaler Richtung geltend macht, kommen die Ähren ins Schwanken, schwingen wie Pendel hin und her, der Pollen wird aus den grubenförmigen Vertiefungen ausgeleert und herausgeblasen, in das benachbarte Gezweige geführt und in Form kleiner Staubwölkchen in die Baumkronen zu den Narben emporgewirbelt. In diesem Falle wird demnach durch die ährenförmige Gruppierung der Blüten nicht nur eine Vergeudung des Pollens verhindert, sondern es ist auch der Vorteil erreicht, daß jede Blüte den Pollen der Nachbarblüte so lange in einem sichern Hafen birgt, bis er durch einen günstigen Wind dem angestrebten Ziele zugeführt werden kann.

Auch mit Rücksicht auf die blumenbesuchenden Insekten bietet die Häufung der Blüten zahlreiche Vorteile. Fliegen, Bienen und Hummeln beschränken sich beim Aufsuchen des Honigs nicht darauf, einzelne Blüten auszubeuten, sondern klettern von der einen zur andern, von unten hinauf zu den obersten Spitzen der Ähren und Trauben oder schreiten von einem Büschel und Döldchen auf das benachbarte wie über eine blumenbestreute Fläche, verschleppen bei dieser Gelegenheit den Pollen und veranlassen dadurch unzählige Kreuzungen, welche, wenn die Blüten vereinzelt stünden und nicht zu Blütenständen mit bestimmter Reihenfolge des Aufblühens vereinigt wären, nicht so leicht zu stande kommen würden. Die Wahrscheinlichkeit einer Kreuzung verschiedener Blüten steigert sich natürlich mit der Zahl der Blüten, und schon insofern sind die Gewächse mit gehäuften Blüten vor jenen, deren Blüten einzeln in größern Abständen zur Entfaltung kommen, im Vorteile. Einzeln stehende Blüten haben freilich wieder die großen, lebhaft gefärbten Blumenblätter voraus, welche als ausgezeichnetes Anlockungsmittel für die geflügelten honigsuchenden Tiere dienen; aber anderseits wird durch die Häufung vieler kleiner Blüten derselbe Effekt erzielt, und überdies ist durch die Ausbildung sogenannter Strahlenblüten an den Köpfchen und Dolden sowie bunt gefärbter, schopfförmig vereinigter Deckblätter an dem Gipfel cymatischer und ährenförmiger Blütenstände ein Anlockungsmittel gebildet, das nicht weniger wirksam ist als die größte Blumenkrone. So erklärt es sich, daß 90 Prozent jener Gewächse, welche von geflügelten Insekten besucht werden, Blütenstände und nicht einzelne Blüten tragen. Vereinzelte große Blüten sind nur auf größere honigsuchende Tiere, auf jene Falter und Schwärmer, Kolibris und Honigvögel, berechnet, welche aus den kleinen gehäuften Blüten den Honig nicht zu gewinnen vermöchten. Bekanntlich ist aber die Zahl der kleinen Fliegen, Bienen, Wespen und Hummeln, welche zu den Blüten angeflogen kommen, bei weitem überwiegend, und so erklärt es sich auch, daß gehäufte kleine Blüten weit häufiger vorkommen als große Einzelblüten.

Es fehlt wohl auch in den andern Regionen des Pflanzenstockes nicht an merkwürdigen Beziehungen zur Tierwelt, aber in keiner Abteilung des Stammes treten dieselben so auffallend und so vielfältig hervor wie in der Hochblattregion. Nirgends kann man auch das einheitliche Zusammenwirken der Genossenschaftsglieder, die zweckmäßige Teilung der Arbeit und die gegenseitige Unterstützung zur Erreichung eines Zieles so deutlich, einsichtlich und überzeugend wahrnehmen wie an den Blütenständen. An vielen Köpfchen und Dolden hat der eine Teil der Blüten Pollen zu liefern, der andre Eichen auszubilden, der dritte Insekten anzulocken, der vierte Störungen durch unwillkommene Besucher abzuwenden, und, was das Merkwürdigste ist, diese zweckmäßige Verteilung der Arbeiten im Bereiche eines einzigen Blütenstandes hat selbst mit dem Verblühen ihr Ende noch nicht erreicht, sondern findet in den gleichen Teilen auch noch während der Ausbildung der Blütenstände in Fruchtstände ihre

Fortsetzung. Manche Vorgänge machen geradezu den Eindruck des gegenseitigen Einve
ständnisses der zu einer Traube, Dolde oder Cyme verbundenen Blüten. So ist es z. B
ein bei den Schotengewächsen nicht seltener Fall, daß ältere Blüten, deren Narben berei
verdorrt, und die auch des Pollens ganz beraubt sind, Insekten zu den benachbarten jü
gern Blüten anlocken, indem sich erst zur Zeit des Abblühens die Blumenblätter vergröße
und mit auffallenden, von fern sichtbaren Farben schmücken. Auch kommt es häufig vo
daß ältere Blüten, deren Zeit vorüber ist, benachbarten jüngern Blüten den zum Blüh
günstigsten Platz einräumen. Hat die Blüte eines Stockes der Kapuzinerkresse (Tropaeo
lum) abgeblüht, so krümmt sich der Blütenstiel nach abwärts, dreht sich schraubenförmi
zusammen und versteckt sich unter den schildförmigen grünen Laubblättern, während a
die Stelle, wo die von ihm getragene Blüte früher gestanden hatte, eine neue Knospe ein
rückt, die schon am nächsten Tage sich öffnet und dem Insektenbesuche entgegensieht, s
daß flüchtige Beobachter glauben, es sei das dieselbe Blüte, welche schon vor acht Tagen
dort gestanden hatte. Ähnlich verhält es sich mit Linaria Cymbalaria, Ledum palustre
und zahlreichen Kleearten. An dem auf Sumpfwiesen häufig vorkommenden Bastardkle
(Trifolium hybridum) schlagen sich die alten Blüten nicht nur herab, um den jüngern
den mit Rücksicht auf Insektenbesuch günstigsten Platz zu räumen, sondern ihre Blumenblätter erhalten auch eine schöne rote Farbe, welche sich von dem Weiß der jüngern Blüten lebhaft abhebt, so daß durch den weithin wahrnehmbaren Farbenkontrast auch noch ein Anlockungsmittel für die Insekten entsteht. An den wickelförmigen Blütenständen des Beinwells, des Vergißmeinnichts und des Natterkopfes (Symphytum, Myosotis, Echium) und noch vieler andrer Asperifolieen kann man sehen, wie sich die Spindel jedesmal so streckt und einstellt, daß die an die Reihe kommende Blüte jene Lage erhält, in welcher sie von den anfliegenden Insekten am besten gesehen und am bequemsten erreicht werden kann, während die ältern Blüten, deren Zeit vorüber ist, und für welche der Insektenbesuch keinen Wert mehr hat, den eben aufblühenden aus dem Wege gehen und sich stets so stellen, daß sie den Zugang zu den neuen Blüten desselben Blütenstandes nicht versperren. An dieser Einstellung beteiligt sich nicht nur der Blütenstiel, sondern auch die Spindel des ganzen Blütenstandes, und es ist interessant, zu beobachten, wie selbst weit entfernte Stammteile in Mitleidenschaft gezogen werden, und wie alle die verschiedenen Teile des Achsensystemes genau so weit gestreckt, gehoben, gesenkt und gekrümmt werden, als notwendig ist, damit jede der an die Reihe kommenden Blüten die günstigste Lage erhält.

Das Merkwürdigste aber ist, daß auch unter Verhältnissen, welche nur ausnahmsweise eintreten, die günstigste Einstellung der Blüten angestrebt und erreicht wird, und daß dann Krümmungen der Stämme an Stellen stattfinden, wo im gewöhnlichen Laufe der Dinge eine solche Veränderung nicht vorgekommen sein würde. Wenn das Waldvergißmeinnicht, der große Rittersporn, der Eisenhut, der Drüsengriffel, das schmalblätterige Weidenröschen (Myosotis silvatica, Delphinium elatum, Aconitum variegatum, Adenostyles alpina, Epilobium angustifolium) und zahlreiche andre Stauden, deren steife, aufrechte Stengel durch eine Gruppe lebhaft gefärbter, auf Insektenbesuch berechneter Blüten abgeschlossen sind, kurz vor der Entfaltung der Blüten durch irgend ein außergewöhnliches Ereignis ganz auf den Boden niedergedrückt und hingestreckt werden, so daß auch der unter normalen Verhältnissen aufrechte Blütenstand der Erde auflagert, und wenn der Stamm nicht mehr im stande ist, sich in seiner ganzen Länge zu erheben, so bildet derselbe unterhalb des Blütenstandes jedesmal ein Knie, und es wird das mit Blüten besetzte Stück so lange gehoben, bis es wieder aufrecht steht und seine Blüten in die für den Insektenbesuch günstigste Lage versetzt sind. Dieses Krümmen ist keine Wachstumserscheinung, denn

ımfeitigen
So ist
n Farbe.
benachbar
lätter
nt es
ben zur
freste
schrankt
rn,
neue Kar
ntgegen
vor
edum
iden
m den
ihre
r jünger
trast
itenfläche
otis.
el jeden
ilt, in
erreich
Insekten
stets
rsperm
Erin
ernte
e des
notwe

e nur
esireb
iattin
icht
, der
a.
nsti



ORIENTALISCHE DOLDENPFLANZEN (Turkistan).





der betreffende, das Knie bildende Teil des Stammes hat sein Wachstum bereits abgeschlossen; auch erstreckt sich die Krümmung nicht über die Spindel des Blütenstandes, sondern findet unterhalb des Blütenstandes statt, ist dort streng lokalisiert, und die Spindel selbst, welche aufgerichtet wird, bleibt zu allen Zeiten gerade. Endlich ist für das Stengelglied, an dem sich das Knie ausbildet, keinerlei besonderer Reiz nachweisbar; der Kontakt mit dem Boden und die Beleuchtung von oben sind an den Stengelgliedern weiter abwärts und weiter aufwärts nicht anders als dort, wo die Krümmung stattfindet. Äußere Ursachen sind für diese knieförmige Biegung des Stammes absolut nicht nachweisbar, und nur das eine ist sicher, daß nämlich die Biegung an keiner passendern Stelle stattfinden könnte, als wo sie wirklich stattfindet, wenn es sich darum handelt, die Blüten aus ihrer ungünstigen in eine günstige Lage zu versetzen.

Mehr als der achte Teil aller lebenden Blütenpflanzen hat die Blüten in Köpfchen vereinigt, und es dürfte dieser Blütenstand der häufigste von allen sein. Nach ihm kommt die Cyme mit ihren verschiedenen Modifikationen und dann erst die Dolde, die Traube und die Ähre. Unter allen Gewächsen zeigen die ausdauernden Stauden die im Verhältnisse zur Größe des ganzen Stockes umfangreichsten Blütenstände. Manche derselben schieben alljährlich nur einen Stengel über die Erde empor, der an der Basis einige große Laubblätter trägt, weiter aufwärts aber mit schuppenförmigen Deckblättern besetzt ist, sich in zahlreiche Dolden, Trauben und Cymen auflöst und so einen einzigen riesigen Blütenstand bildet. Als Beispiel für diese im Oriente, zumal in den Steppenlandschaften Irans und Turkistans heimische Form kann das auf der beigehefteten Tafel „Orientalische Doldenpflanzen" abgebildete Euryangium Sumbul gelten. Diese bei Pentschakend südlich von Samarkand im südlichen Turkistan häufige Doldenpflanze entwickelt zu Beginn der Vegetationszeit fünf grundständige, in unzählige Zipfel zerteilte, moschusduftende Laubblätter, die aber nur einige Wochen hindurch ihr frisches Grün bewahren und verhältnismäßig früh welken, bleichen und ein blaßviolettes Kolorit annehmen. Sobald die Verfärbung dieser grundständigen Blätter begonnen hat, erhebt sich ein laubloser, blau bereifter, spargelartiger, 4—5 cm dicker Sproß über die Erde, welcher in unglaublich kurzer Zeit die Höhe von 3 bis 4 m erreicht, sich im obern Drittel quirlförmig verzweigt und in zahlreiche Döldchen auflöst. Ähnlich dieser seltsamen Sumbulstaude verhält sich noch eine ganze Reihe orientalischer Doldenpflanzen, so namentlich aus der Gattung Ferula und auch das den berüchtigten Stinkasant liefernde Scorodosma Asa foetida, aber auch mehrere jener Schotengewächse, die zur Bildung der später zu besprechenden „Steppenhexen" beitragen. Eine dieser schotentragenden Stauden, Crambe cordifolia, entwickelt binnen wenigen Wochen einen Blütenstand mit sparrig abstehenden langen Zweigen von 2 m Höhe und nahezu 2 m Breite. Diesen Staudenpflanzen schließt sich auch die unter dem Namen hundertjährige Aloe bekannte Agave Americana an, welche auf S. 617 abgebildet ist. Der über die Rosette aus dicken, fleischigen, bornig gezahnten Laubblättern sich erhebende 5—7 m hohe und 6—12 cm dicke Stamm ist nur mit schuppenartigen, vertrocknenden, chlorophylllosen Blättern besetzt und wird zur Spindel eines Blütenstandes, der zu den größten gehört, welche die Pflanzenwelt aufweist.

Im Gegensatze zu den Staudengewächsen, deren rasch aufsprossende und durch sehr große Blütenstände abgeschlossene Stämme krautig bleiben und nach dem Abfallen der Früchte und Samen wieder bis zum Grunde abdorren und absterben, ohne zu verholzen, zeigen die Holzgewächse, zumal die Bäume, der Mehrzahl nach nur kleine Blütenstände. Allerdings ist die Zahl dieser kleinen, die Bäume schmückenden Blütenstände ungemein groß. Häufig sind die Blumenblätter grünlich gefärbt, und die unscheinbaren, noch dazu zwischen dem Laube verteilten Blütenstände werden dann aus einiger Entfernung gar nicht bemerkt.

Manchmal dagegen reihen sich die von holzigen Zweigen getragenen zahlreichen kleinen, aber lebhaft gefärbten Blütenstände dicht aneinander und fließen förmlich zusammen, und wenn an solchen Gewächsen die Entfaltung der Blüten vor jener des grünen Laubes stattfindet, wie beispielsweise am Mandelbaume und Kirschbaume, so macht jeder Baum für sich, aus der Ferne gesehen, den Eindruck eines riesigen Blütenstraußes.

An den Palmen findet man nur wenige Blütenstände, diese sind aber gewöhnlich sehr groß und reichblütig. Überhaupt kommen an den Palmen die umfangreichsten aller Blütenstände vor. Jene der Dumpalme (Hyphaene Thebaica) sowie mehrerer Phönixarten werden über 1 m, jene der Raffia Ruffii und der Plectocomia elongata 2 m lang, und der auf S. 265 abgebildeten Schattenpalme (Corypha umbraculifera) wird nachgerühmt, daß sie unter allen Pflanzen der Welt den größten Blütenstand besitzt. Diese merkwürdige zweihäusige Palme wächst verhältnismäßig langsam, und es vergehen oft 30 bis 40 Jahre, bis ihr Strunk die Höhe von 20 m erreicht. In diesem Zeitraume kommen niemals Blüten zum Vorscheine; erst wenn der Strunk seine volle Größe von 22 m erlangt hat, erhebt sich aus seinem Scheitel der Blütenstand, dessen Spindel die Höhe von 14 m zeigt. Von dieser Spindel zweigen sich 12—13 stielrunde Äste ab, deren unterste 6 m lang werden. Alle Äste sind in zahlreiche Zweige und Zweiglein aufgelöst und reichlich mit Blüten besetzt. Der ganze Blütenstand zeigt dann, vollkommen ausgewachsen, die fabelhafte Höhe von 14 m und die Breite von 12 m. Sobald sich die Blüten öffnen, beginnen die darunterstehenden fächerförmigen Laubblätter nach und nach zu welken und fallen häufig während der Blütezeit sämtlich ab, so daß dann der Schaft nur den Blütenstand auf seinem Scheitel trägt. Die Blütezeit erstreckt sich über 3—4 Wochen. Sobald die Blütezeit vorüber und die Reife der fruchttragenden Stämme eingetreten ist, stirbt, ähnlich wie bei der Agave Americana, der ganze Stock ab, und jedes Individuum dieser Palme blüht daher in seinem Leben nur einmal.

Als Gegensatz zu dem größten Blütenstande möge hier auch noch desjenigen gedacht werden, welcher als der kleinste von allen angesehen wird, nämlich des Köpfchens der in den Gebirgen Corsicas heimischen Nananthea, welches ein Ausmaß in die Höhe und Quere von 2 bis 3 mm zeigt.

Die Größe der Blütenstände und jene der sie zusammensetzenden Blüten nimmt nicht in gleichem Verhältnisse zu und ab. Umfangreiche Blütenstände haben häufig sehr kleine Blüten und umgekehrt; eine allgemeine Regel läßt sich aber in dieser Beziehung nicht feststellen. Bei gleichem Umfange zeigt der Blütenstand der Paulownia imperialis 100 große, jener der Spiraea Aruncus 10,000 kleine Blüten. Die Schattenpalme soll gegen 100,000 Blüten in ihrem Riesenstrauße tragen. An einfachen Cymen kommt es manchmal vor, daß die mittlere Blüte nicht ausgebildet wird, so daß dann der ganze Blütenstand aus einem Paare meistens eigentümlich verwachsener Blüten besteht, wie das an vielen Arten der Gattung Geißblatt (z. B. Lonicera Xylosteum, nigra, coerulea, alpigena) zu sehen ist. An vielen Akanthaceen, Windlingen und Rachenblütlern beobachtet man dagegen, daß von den drei Blüten einer einfachen Cyme die beiden seitlichen Blütenanlagen unterdrückt werden, und daß nur die mittelständige zur Entwickelung gelangt, in welchem Falle dann der ganze Blütenstand nur durch eine einzige Blüte repräsentiert erscheint.

Der Blütenboden (podium, auch torus), d. h. jener Teil des Hochblattstammes, aus welchem die Blumenblätter hervorgehen, ist im Vergleiche zu dem Blütenstiele immer etwas verdickt und wird als Kegelboden und Scheibenboden unterschieden. Der Kegelboden (conopodium) zeigt die Gestalt eines Kegels, ist bisweilen sehr verlängert und zapfenförmig, manchmal sehr verkürzt und nur schwach gewölbt, immer aber von seiner Basis, als dem dicksten Teile, bis zum Scheitel gleichmäßig verschmälert. Im Gegensatze

zu dem sehr einfach gebauten Kegelboden zeigt der Scheibenboden (discopodium) eine große Formenmannigfaltigkeit. Der Scheitel der Blütenachse bleibt im Wachstume zurück, das Gewebe rings um den Scheitel verdickt sich, wird kuchenförmig oder umgibt den Scheitel mit einem ringförmigen Wulste oder Walle und erhebt sich häufig so sehr über den Scheitel, daß der ganze Blütenboden ein kraterförmiges oder becherförmiges Aussehen erhält. Im ersten Falle, wenn sich nämlich ein Ringwall ausgebildet hat, umgibt dieser den im Zentrum über dem Scheitel entwickelten Stempel, ohne ihn zu überhöhen, wie z. B. in den Blüten der Orangen- und Zitronenbäume. Die Pollenblätter und Blumenblätter entspringen gewöhnlich außerhalb, seltener innerhalb des Ringes, am seltensten aus dem Rande des Ringes selbst. Wenn sich ein becherförmiger Scheibenboden ausgebildet hat, so ist das Ende der Achse von dem Rande des Bechers überhöht, und der wirkliche Scheitel des Blütenbodens ist im Grunde des Bechers zu suchen. Die Blumenblätter und Pollenblätter entspringen dann in den meisten Fällen am Rande des Bechers. In manchen Fällen gehen auch die Fruchtblätter vom Rande des Bechers aus und überdecken die kraterförmige Vertiefung des Blütenbodens. Häufiger kommt es vor, daß die Fruchtblätter im Grunde oder an der Innenwand des Bechers ausgebildet werden, und man sieht dann im Grunde des Bechers einen einzigen Stempel, wie z. B. in der Kirschenblüte, oder mehrere Stempel, wie z. B. in den Blüten der Rosen. Mitunter ist der im Grunde des becherförmigen Blütenbodens entwickelte Stempel mit der Innenwand des Bechers verwachsen, wie beispielsweise in den Blüten der Apfel- und Birnbäume.

Nicht immer ist, wie in den oben gewählten Beispielen, der Scheibenboden ringsum ganz gleichmäßig ausgebildet. An Blüten, welche von aufrechten Spindeln seitwärts abstehen, ist der ringförmige Wall häufig unterbrochen, oder es erscheint statt der kreisförmigen Scheibe ein einseitig vorspringender Kamm oder Wulst. Manchmal ist der Ring durch einen Kranz von Höckern oder Warzen ersetzt, oder es ist der Scheibenboden einseitig vorgezogen und hat die Gestalt eines Zapfens, einer Zunge oder einer Schuppe angenommen.

Von jenem Gewebe des Scheibenbodens, welches nicht in Blütenblätter übergeht, sondern zwischen den Wirteln der Blumenblätter, Pollenblätter und Fruchtblätter in Form von Knötchen, Warzen, Wulsten und Ringen sich vordrängt und einschaltet, wird meistens Honig ausgeschieden, der als Anlockungsmittel für die als Blütenbesucher willkommenen, die Befruchtung vermittelnden Insekten dient. Der als Unterbau oder als Umwallung der Fruchtblätter ausgebildete Teil des Blütenbodens wird dagegen sehr häufig zu einem Teile der Frucht. In den meisten Fällen ist aber die Bedeutung, welche den verschiedenen Ausbildungen des Blütenbodens für das Leben und die Wohlfahrt der Pflanze zukommt, noch nicht hinlänglich klargestellt. Daß die Beziehungen zur Fruchtbildung mehr als alles andre maßgebend sind, ist das einzige, was mit Sicherheit behauptet werden kann, aber es bleibt völlig rätselhaft, warum in einem Falle diese, im andern Falle jene Gestalt des Blütenbodens zur Entwickelung gekommen ist. Wiederholt wurde die Ansicht ausgesprochen, daß nicht mit allen architektonischen Verhältnissen der Pflanze notwendig auch Vorteile verbunden sein müssen, und daß die Gestalten, mit welchen die einzelnen Organe und Pflanzenglieder in Erscheinung treten, in zwei Gruppen zerfallen, nämlich in solche, welche für das Leben der betreffenden Art von augenscheinlichem Nutzen sind, und in solche, bei welchen das nicht der Fall ist. Erstere sollten veränderlich, letztere unveränderlich sein. Diese Hypothese wurde sofort zum Dogma erhoben und weiterhin geschlossen, daß nur die Ausbildungen, welche in ihrer Bedeutung für das Leben der Pflanze unerklärlich sind, zur Abgrenzung und systematischen Feststellung der Arten und Artengruppen Verwendung finden können. Ich kann mich dieser Auffassung nach keiner Richtung hin anschließen und leugne, daß von einer Pflanzenart irgend etwas aufgebaut wird, was für sie nicht von Vorteil, was

nicht geradezu notwendig ist. Auch jene Organe, welche man so häufig als „verkümmert“ bezeichnet, sind für das Leben der Pflanze nicht bedeutungslos, werden vielmehr gerade in dieser nur scheinbar verkümmerten Form zur Wohlfahrt des Ganzen ausgebildet und könnten ohne Nachteil nicht entbehrt werden. Wären sie entbehrlich, so würden sie auch fehlen. Die Pflanze baut nichts Überflüssiges und Zweckloses, und kein Haar, ja keine Zelle wird für nichts und wieder nichts ausgebildet. Es ist gefährlich und mißlich, zu sagen, dies oder jenes Gebilde sei ohne Wert und Nutzen und habe sich nur als Rest eines Organes erhalten, das an der Stammart vor langer Zeit umfangreicher entwickelt und damals auch unumgänglich notwendig war. Wenn wir den Vorteil irgend eines Gebildes nicht sogleich erkennen, so sind wir deswegen noch nicht berechtigt, zu sagen, es sei dieses Gebilde in seiner besondern Form für die Pflanze wertlos oder indifferent. Nirgends hat vielleicht der Spruch „dies diem docet“ mehr Berechtigung als gerade in den Fragen nach der Bedeutung der Gestalten. Wie viele Gebilde, welche vor einem Dezennium noch rätselhaft waren, sind heute als unentbehrliche Glieder einer Kette von Einrichtungen auf das genaueste bekannt und in allen Einzelheiten aufgeklärt, und es gilt ihre Erkenntnis als unumstößlicher Lehrsatz in der Wissenschaft. Die Strömung unsrer Zeit geht ja vorzüglich dahin, die Gestalten nicht nur als stumme Rätsel der Natur zu betrachten und zu beschreiben, sondern sie in ihrem Werte als Teile eines lebendigen Wesens zu erfassen, und so zweifle ich nicht, daß auch die verschiedenen Gestalten des Blütenbodens in ihrer Bedeutung für die einzelnen Arten über kurz oder lang ihre Auslegung und Aufklärung finden werden.

Eine Eigentümlichkeit, welche den Blütenboden vor allen andern Stammgebilden auszeichnet, und deren hier noch zum Schlusse gedacht werden soll, ist das begrenzte Wachstum desselben. Solange der Blütenboden an seiner Peripherie Hochblätter bildet, wächst er noch immer etwas in die Länge, wenn das Längenwachstum auch ein unbedeutendes ist; nach Ausbildung des obersten Hochblattes aber werden die Teilungen in den Zellen des Scheitels eingestellt, und die Verlängerung der Achse hat dort nicht nur zeitweilig, sondern ein für allemal ihr Ende erreicht. Diese Thatsache ist insofern von Wichtigkeit, weil durch sie einer der wenigen Unterschiede, welche man zwischen Stamm und Blatt festgestellt hat, eine wesentliche Beschränkung erfährt. Aber auch mit Rücksicht auf die Architektonik des ganzen Pflanzenstockes hat das begrenzte Wachstum des Blütenbodens eine besondere Bedeutung. Das Stammstück, welches den Blütenboden bildet, trennt sich nämlich und zwar gewöhnlich mitsamt dem Blütenstiele und nicht selten sogar mit der ganzen Spindel des Blütenstandes von dem darunterstehenden Laubblattstamme, sobald die vom Blütenboden ausgehenden Blattgebilde ihre Funktion erfüllt haben, oder, mit andern Worten, es lösen sich die Blüten- und Fruchtstiele ab, sobald die Blumenblätter verwelkt, die Pollenbehälter entleert, die Früchte ausgereift sind, welcher Vorgang an das Ablösen jener Laubblätter erinnert, welche nicht mehr im stande sind, die ihnen zukommenden Aufgaben zu erfüllen. Ähnlich wie nach dem Laubfalle an den Ursprungsstätten der einzelnen abgetrennten Blätter eine Narbe entsteht oder ein vertrockneter Stummel zurückbleibt, bildet sich auch an der Stelle, wo sich ein Stück des Hochblattstammes abgetrennt hat, ein Narbengewebe aus, und an dieser Stelle wächst der Stamm niemals weiter. Endigt der betrachtete Sproß mit einer einzelnen Blüte oder einem ganzen Blütenstande, so kann sich derselbe nach dem Abfallen der Früchte nicht mehr geradlinig verlängern, sein Spitzenwachstum ist ein für allemal abgeschlossen. Dagegen können aus den Achseln tiefer stehender Laubblätter Seitentriebe hervorgehen und über die vernarbte Stelle hinauswachsen, was natürlich den Typus der Verzweigung und die Architektonik des ganzen Stammes wesentlich beeinflußt. Dieser Einfluß tritt insbesondere bei den Holzpflanzen, zumal bei hochgewachsenen Sträuchern und Bäumen, auffallend hervor. Indem nämlich der vernarbte Gipfel

eines Zweiges durch zwei nahe unterhalb der Narbe entspringende Seitenzweige überragt wird, entsteht eine mehr oder weniger regelmäßige zweizinkige Gabel, und wenn sich an den Zinken dieser Gabel der eben geschilderte Vorgang wiederholt, so ergibt sich eine sehr zierliche Form der Verzweigung, die selbst an den ältern Ästen noch zu erkennen ist und dem Strauche oder Baume ein ganz eigentümliches Gepräge verleiht. Während der jährliche Höhenzuwachs an den in solcher Weise verzweigten Holzpflanzen nur ein geringer ist, geht die Krone derselben auffallend in die Breite, und die ältern blattlosen Äste haben gewöhnlich das Ansehen eines Geweihes oder eines verschränkten, nach oben zu sich verbreiternden Gitterwerkes, wie das in auffallender Weise an dem Essigbaume (Rhus typhina) und an mehreren Äsculusarten (z. B. Aesculus flava und discolor) zu sehen ist. An dem Oleander (Nerium Oleander) und häufig auch an der Mistel (Viscum album; s. Abbildung auf S. 190) wird der vernarbte Scheitel des Hauptsprosses von drei wirtelig gestellten Seitensprossen überholt, wodurch wieder eine eigentümliche Abänderung dieser Verzweigungsform veranlaßt wird.

Der innere Bau des Hochblattstammes, zumal die Anordnung des mechanischen Gewebes, entspricht immer den Aufgaben, welche dem Träger von Blüten und Früchten naturgemäß zukommen. Handelt es sich darum, daß die Blütenteile und die aus ihnen hervorgehenden Früchte in aufrechter Lage erhalten werden, so sind die Stiele und auch die betreffende Spindel biegungsfest gebaut. Die Stiele und Spindeln hängender Blüten und insbesondere hängender schwerer Früchte sind dagegen zugfest gemacht und in beiden Fällen mit entsprechend gelagertem und verstärktem mechanischen Gewebe ausgestattet. Häufig wird derselbe Bastcylinder, welcher zur Zeit des Öffnens der Blumen die Biegungsfestigkeit des aufrechten Blütenstieles herzustellen hatte, später auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen, wenn nämlich aus der aufrechten Blüte eine hängende Frucht hervorgegangen ist. Auch das Umgekehrte kommt vor, und nicht selten werden aus hängenden zugfesten Blütenstielen aufrechte, sehr biegungsfeste, bei dem Ausstreuen der Samen beteiligte Fruchtstiele. Übrigens spielt bei allen diesen Lageänderungen auch die Turgeszenz des an der Peripherie der Blütenstiele ausgebildeten parenchymatischen Gewebes eine hervorragende Rolle.

---

4. Gestalt der Wurzelgebilde.

Inhalt: Zusammenhang des äußern und innern Baues mit der Funktion. — Definition der Wurzel. — Merkwürdige Lebenserscheinungen der Wurzeln.

Zusammenhang des äußern und innern Baues mit der Funktion.

Jedes Samenkorn wird von seiten der Mutterpflanze mit so viel Mehl, Fett, Zucker und andern Stoffen ausgestattet, als zur selbständigen weitern Entwickelung desselben notwendig ist. Der keimende Same atmet, er versieht sich mit Wasser, bringt dadurch die in seinen Zellen aufgespeicherten Stoffe in Fluß, vermehrt die Zahl seiner Zellen und nimmt an Umfang zu. Bei allen diesen Vorgängen sind die Nährstoffe des Keimbettes nur wenig oder gar nicht beteiligt, es ist aber das nächste Ziel der Bauthätigkeit im keimenden Samen, Organe auszubilden, welche nach Verbrauch der von der Mutterpflanze mitgegebenen Nährstoffe auch jene des Keimbettes zu heben und auszunutzen im stande sind, und die aus den aufgenommenen Nährgasen und Nährsalzen neue Baustoffe zu

bereiten vermögen. Die Gewebe, welche der Keimling zu allererst aufbaut, enthalten stets Zellen zum Aufsaugen gelöster Nährsalze und zur Aufnahme von Nährgasen und gehen auch sogleich eine feste Verbindung mit der Unterlage ein, mag diese aus anorganischer Erde, aus verwesenden organischen Körpern oder aus lebenden Wirtpflanzen bestehen.

Es gibt Pflanzen, in deren Samen eine Gliederung in verschiedene Teile, eine Sonderung in Keimling und Nahrungsspeicher, nicht erkannt werden kann, ja in den Samen mehrerer tausend Arten ist nicht einmal ein Keimling mit Keimblättern zu unterscheiden und ist eigentlich die ganze den Samen bildende Zellengruppe als Keimling aufzufassen. Diese Zellengruppe wächst zunächst aus eignen Mitteln zu einem Gebilde heran, welches die Gestalt eines kleinen Knöllchens hat, einerseits durch Saugzellen sich mit der Unterlage in Verbindung setzt, anderseits auch Blätter vorschiebt, aber keinen Gewebekörper ausbildet, welcher als Wurzel angesprochen werden könnte. So verhält es sich z. B. mit dem auf S. 103 besprochenen Ohnblatte und der Korallenwurz, welche man darum auch wurzellos zu nennen pflegt. Bei andern Arten dieser Gruppe, deren nicht gegliederter Keimling unvermittelt zu einem Knöllchen oder Stamme auswächst, erheben sich von demselben Warzen, Papillen, Zapfen, Fasern und wurmförmige cylindrische Gebilde, die mit Saugzellen ausgerüstet sind, sich auch mit der Unterlage verbinden und als Wurzeln betrachtet werden. Diese Gebilde entspringen stets in Mehrzahl von dem Knöllchen, beziehentlich dem vergrößerten auswachsenden Keimlinge und zwar bei den vielen als Überpflanzen auf der Borke von Bäumen lebenden Orchideen an der zur Baumrinde hingewendeten Seite, an den schmarotzenden Braunschuppern ringsum an dem verdickten untern Ende des in die Tiefe gewachsenen Gewebekörpers (s. Abbildung, S. 160) und an den Cuscuta- und Cassytha-Arten seitlich an dem fadenförmigen Keimlinge, dort, wo sich derselbe einer Wirtpflanze angelegt hat.

An den Gewächsen, deren Same einen in Stamm und Blatt gegliederten Keimling birgt, erhebt sich an dem einen Ende des Keimblattstammes, gegenüber von der Knospe des Sproßblattstammes, nur ein einziger warzenförmiger oder zapfenförmiger Körper, welcher bei der Keimung zu einer cylindrischen, mit Saugzellen ausgestatteten Wurzel auswächst, die später als gerade, bodenwärts gerichtete Fortsetzung des Keimblattstammes erscheint.

Weder die von dem ungegliederten Keimlinge in Mehrzahl ausgehenden Wurzeln noch viel weniger die von dem gegliederten Keimlinge entspringende einzelne Wurzel genügen dem Bedürfnisse des aus dem Keimlinge hervorwachsenden Stammes. In dem Maße, als dieser an Umfang zunimmt, ein Stockwerk über dem andern aufbaut, Blätter entwickelt, in den Achseln der Blätter Knospen anlegt und Seitensprosse treibt, wird auch das Erfordernis an Wasser und Nährsalzen größer und größer; es müssen neue Quellen dieser Stoffe erschlossen, neue Zuleitungsorgane hergestellt, es müssen mit Einem Worte neue Wurzeln gebildet werden. Wo nur eine einzige Erstlingswurzel am Keimlinge vorhanden war, entspringen die neuen Wurzeln häufig an dieser selbst und zwar wie seitliche Äste, und man pflegt dann zu sagen, die primäre oder Hauptwurzel habe sich verästelt, sie habe Seitenwurzeln gebildet. Natürlich können sich auch die Äste wieder verästeln, und es wiederholt sich in der That die Verästelung manchmal ins Unabsehbare. Die ästige Wurzel (radix ramosa) ist insbesondere bei einjährigen Erdpflanzen mit aufrechtem, reichbelaubtem Stamme zu beobachten. Fast ebenso häufig kommt es vor, daß die erste von dem Keimlinge ausgehende Wurzel alsbald, nachdem sie aus dem Samen hervorgewachsen war, zu Grunde geht, und daß dann aus dem Keimblattstamme knapp neben der Ursprungsstelle der abgestorbenen mehrere neue Wurzeln entspringen, oder daß an dem im Erdreiche geborgenen

untern Ende des Sproßblattstammes Wurzeln ausgebildet werden, die, wenn sie in größerer Zahl und dicht gedrängt beisammenstehen, einen Büschel darstellen und dann in der botanischen Kunstsprache unter dem Namen büschelförmige Wurzel (radix fasciculata) begriffen werden. Aber auch weiter aufwärts am Stamme des Sprosses entspringen vielfach Wurzeln und zwar nicht nur in der Niederblattregion desselben, sondern auch, wenn das Bedürfnis vorhanden ist, in der Mittelblattregion der liegenden, aufrechten und kletternden Stämme und unter Umständen sogar an den Laubblättern. Man hat diese Gebilde, welche aus allen Alters- und Höhenstufen des Stammes und auch aus Blättern hervorgehen können, Adventivwurzeln (radices adventiciae) genannt.

Wenn sich Wurzeln an einem belaubten Stamme ausbilden, so ist nicht zu verkennen, daß die Ursprungsstellen derselben jenen Punkten, wo Blätter ausladen, genähert sind. An Überpflanzen, zumal an den auf der Borke der Bäume lebenden Aroideen und Orchideen, sieht man sie bisweilen so verteilt, daß an genau bestimmten Stellen des Stammes immer eine einzelne Wurzel, ein Wurzelpaar oder ein Büschel von Wurzeln entspringt; jedes Stengelglied hat an solchen Pflanzen seine besondern Wurzeln, ist dadurch von den benachbarten Stengelgliedern nahezu unabhängig und kann sich für den Fall, daß ein oder beide nachbarliche Stengelglieder aus was immer für einem Grunde absterben sollten, auch selbständig erhalten. An den auf der Erde lagernden Stämmen, namentlich an den Ausläufern, entspringen die Wurzeln immer nur an den Knoten, beziehentlich an dem Anfange eines Stengelgliedes. Auch an jenen unterirdischen Stämmen, welche Rhizome genannt werden, sieht man die Wurzeln in ähnlicher Weise verteilt. Wenn die ältern Glieder dieser Läufer und Rhizome von hintenher absterben, so werden dadurch die nächstjüngern nicht benachteiligt; denn sie sind schon mit eignen Wurzeln ausgestattet, decken mit deren Hilfe ihren Bedarf an Wasser und Nährsalzen und werden durch sie auch an dem Boden festgehalten. Jene allgemeine Symmetrie und geometrisch geordnete Verteilung der Ursprungsstellen, wie sie an den Blättern zum Ausdrucke kommt, wird aber an der Mehrzahl der Wurzeln vermißt; insbesondere an den unterirdischen, vielfach verästelten Wurzeln ist die Verteilung häufig ganz unsymmetrisch, und es kommen hier Einflüsse ins Spiel, von welchen später noch die Rede sein wird.

Die den Wurzeln zukommenden Aufgaben sind: erstens das Aufsaugen und die Leitung von Wasser und im Wasser gelöster Nährstoffe und zweitens das Festhalten des ganzen Pflanzenstockes an der Unterlage. In den meisten Fällen wird diese doppelte Funktion von denselben Wurzeln übernommen. Mitunter findet aber auch eine Teilung der Arbeit statt, so zwar, daß ein Teil der Wurzeln nur der Nahrungsaufnahme, ein andrer nur der Befestigung dient. So z. B. hat die wiederholt genannte Tecoma radicans zweierlei Wurzeln, erstmals unterirdische, welche Wasser und Nährsalze aus dem Boden aufsaugen, und dann noch die auf S. 446 abgebildeten Haftwurzeln, durch welche die lichtscheuen Sprosse an Stellen befestigt werden, wo von Aufnahme flüssiger Nahrung keine Rede sein kann. Durchschneidet man einen solchen Sproß unterhalb der Stelle, wo er mittels Haftwurzeln an einem Felsen oder einer Mauer festgehalten wird, so vertrocknet das Stück über der Schnittstelle nach kurzer Zeit und zwar selbst dann, wenn die Haftwurzeln und die Unterlage fortwährend genetzt und feucht erhalten werden.

Den Wurzeln zweijähriger und mehrjähriger Gewächse kommt in jenen Gegenden, wo die Thätigkeit der Pflanzen infolge von Trockenheit oder Kälte zeitweilig unterbrochen ist, häufig auch noch eine dritte Funktion, nämlich die Aufspeicherung von Mehl, Fett, Zucker und andrer Reservenahrung, zu. Begreiflicherweise sind in Landschaften mit lang anhaltender Sommerdürre, desgleichen in jenen mit strengem Winter die in der Erde geborgenen Teile gegen Trockenheit und Frost am besten geschützt, und neben den

unterirdischen Stammteilen und den von diesen ausgehenden Niederblättern sind es daher vorzüglich die unterirdischen Wurzelgebilde, welche als Speicher für die im Laufe der kurzen Vegetationszeit von den oberirdischen grünen Organen gebildeten Stoffe am vorteilhaftesten Verwendung finden.

Die Mannigfaltigkeit der den Wurzeln zukommenden Funktionen, die Verschiedenheit der Unterlage und die eigentümlichen Verhältnisse des Standortes und Klimas bedingen eine Fülle abweichender Gestalten, deren auffallendste in der botanischen Kunstsprache besondere Namen führen und nachfolgend in Kürze aufgezählt werden sollen. Mit Rücksicht auf das Substrat, in welches die Wurzeln eindringen, und welchem sie Betriebswasser und Nahrung entnehmen, unterscheidet man Erdwurzeln, Wasserwurzeln, Luftwurzeln und Schmarotzerwurzeln.

Die Erdwurzeln (radices hypogaeae) drängen ihr mit Saugzellen besetztes Ende mit großer Kraft in das Erdreich ein und sind entweder vollständig oder wenigstens an dem saugenden Teile mit Erde bedeckt. Wurzeln, welche aus der am einen Ende des Keimblattstammes angelegten Warze hervorgehen, sind vorwaltend Erdwurzeln. Auch die seitlich aus den verschiedenen Formen des Niederblattstammes hervorgehenden Wurzeln sind fast alle Erdwurzeln, und es dürfte nicht weit gefehlt sein, wenn man die Wurzeln von 70 Prozent aller in der Gegenwart lebenden Blütenpflanzen als Erdwurzeln bezeichnet.

Die Wasserwurzeln oder schwimmenden Wurzeln (radices natantes) entspringen seitlich an schwimmenden Stämmen und zwar meistens gebüschelt, seltener einzeln und sind schwach schraubenförmig gewunden. Sie werden sowohl von den Stämmen, deren Laubblätter der Wasseroberfläche aufliegen, als auch von den auf dem Wasserspiegel schwimmenden laublosen, in Phyllokladien umgewandelten Stammgebilden (z. B. Lemna polyrrhiza, gibba, minor) ausgebildet. Bei diesen Pflanzen ist auch die Spitze der Wurzeln von Wasser umflutet. Gelangen sie beim Sinken des Wasserstandes auf den schlammigen Untergrund, so dringen sie dort nicht in die Tiefe ein und verwachsen auch nicht mit den Erdpartikelchen des Schlammes. Die Sumpfpflanzen dagegen bohren sich mit den zuerst entwickelten Wurzeln am Grunde der von ihnen bewohnten Wasseransammlung in den Schlamm ein, während sie die spätern, von höhern Stengelgliedern ausgehenden Wurzeln im Wasser flottieren lassen. Die aus dem Samen hervorgegangene Erstlingswurzel der Wasserschere (Stratiotes aloides) ist unterirdisch im Schlamme eingebettet, also eigentlich eine Erdwurzel; nachdem diese abgestorben ist, erhebt sich der ganze Pflanzenstock, erhält sich schwebend unter dem Wasserspiegel und entwickelt aus seinem beblätterten kurzen Stamme schwimmende Wurzeln; später sinken die Stöcke wieder in die Tiefe, und dann werden die schwimmenden Wurzeln wieder zu Erdwurzeln (vgl. S. 70). Umgekehrt kommt es häufig vor, daß Erdwurzeln zu Wasserwurzeln werden. An Erlen, Weiden und Rüstern, welche am Ufer der Bäche wachsen, sieht man oft genug umfangreiche Wurzelgeflechte, welche über die Erde der Uferböschung hinausgewachsen sind und im Wasser flottieren; ja, merkwürdigerweise zeigen manche Erdwurzeln, wenn sie in fließendes Wasser kommen, dort ein weit üppigeres Wachstum als in der Erde, und es ist bekannt, daß die Wurzeln der oben genannten Bäume, wenn sie in Wasserleitungsröhren gelangen, so wuchernd um sich greifen, daß in kurzer Zeit die Röhren ganz verstopft sind und der Wasserzufluß unterbrochen wird. Die aus solchen Röhren herausgezogenen Wurzelgeflechte haben die Form langer Haarzöpfe und sind unter dem Namen Wurzelzöpfe bekannt. Hyazinthen und viele andre Zwiebelgewächse, ja selbst verschiedene Laubhölzer, wie z. B. Ahorne und Roßkastanien, deren Wurzeln für gewöhnlich in der Erde wachsen, können auch mit bestem Erfolge großgezogen werden, wenn man ihre Wurzeln im Wasser wachsen läßt, vorausgesetzt, daß dieses Wasser das richtige Maß der nötigen Nährsalze enthält.

Die Luftwurzeln (radices aereae) finden sich am Umfange aufrechter Strünke von Baumfarnen und in großer Mannigfaltigkeit an den Stämmen der Überpflanzen, zumal der Aroideen und Orchideen, entwickelt. An den Todea- und Alsophila-Arten sind die Luftwurzeln sämtlich sehr kurz, aber so zahlreich und so dicht gestellt, daß sie zusammen einen förmlichen Mantel um den Strunk bilden. Auch an den auf der Borke alter Bäume wachsenden Orchideen entspringen die Luftwurzeln häufig in großer Zahl knapp nebeneinander, sind aber immer verlängert, fadenförmig und bilden förmliche Mähnen, wie z. B. an dem auf S. 205 abgebildeten Oncidium. An andern Orchideen dagegen sind sie vereinzelt und dann gewöhnlich viel dicker, ziemlich starr, wellenförmig hin- und hergebogen oder schraubig gewunden, wie das beispielsweise an dem auf S. 100 abgebildeten Sarcanthus rostratus zu sehen ist. Wie schon erwähnt, erscheinen sie bei vielen Orchideen und Aroideen mit großer Regelmäßigkeit einzeln oder paarweise gegenüber von der Ursprungsstelle der Blätter am Stamme. Alle diese Luftwurzeln sind durch den auf S. 203 erörterten Bau nicht nur zur Aufnahme von Wasser und wässeriger Lösungen der Nährstoffe vortrefflich geeignet, sondern haben auch die Fähigkeit, den Wasserdampf der sie umspülenden Luft zu kondensieren. Der Mehrzahl nach sind sie mit einer papierartigen Hülle umgeben, seltener mit sogenannten Wurzelhaaren dicht besetzt und dann von samtartigem Ansehen. Letztere sind meistens rostbraun, erstere dagegen in trockner Luft weiß, bei reichlichem Chlorophyllgehalte des unter der papierartigen Hülle befindlichen Gewebes und bei feuchtem Wetter grünlich.

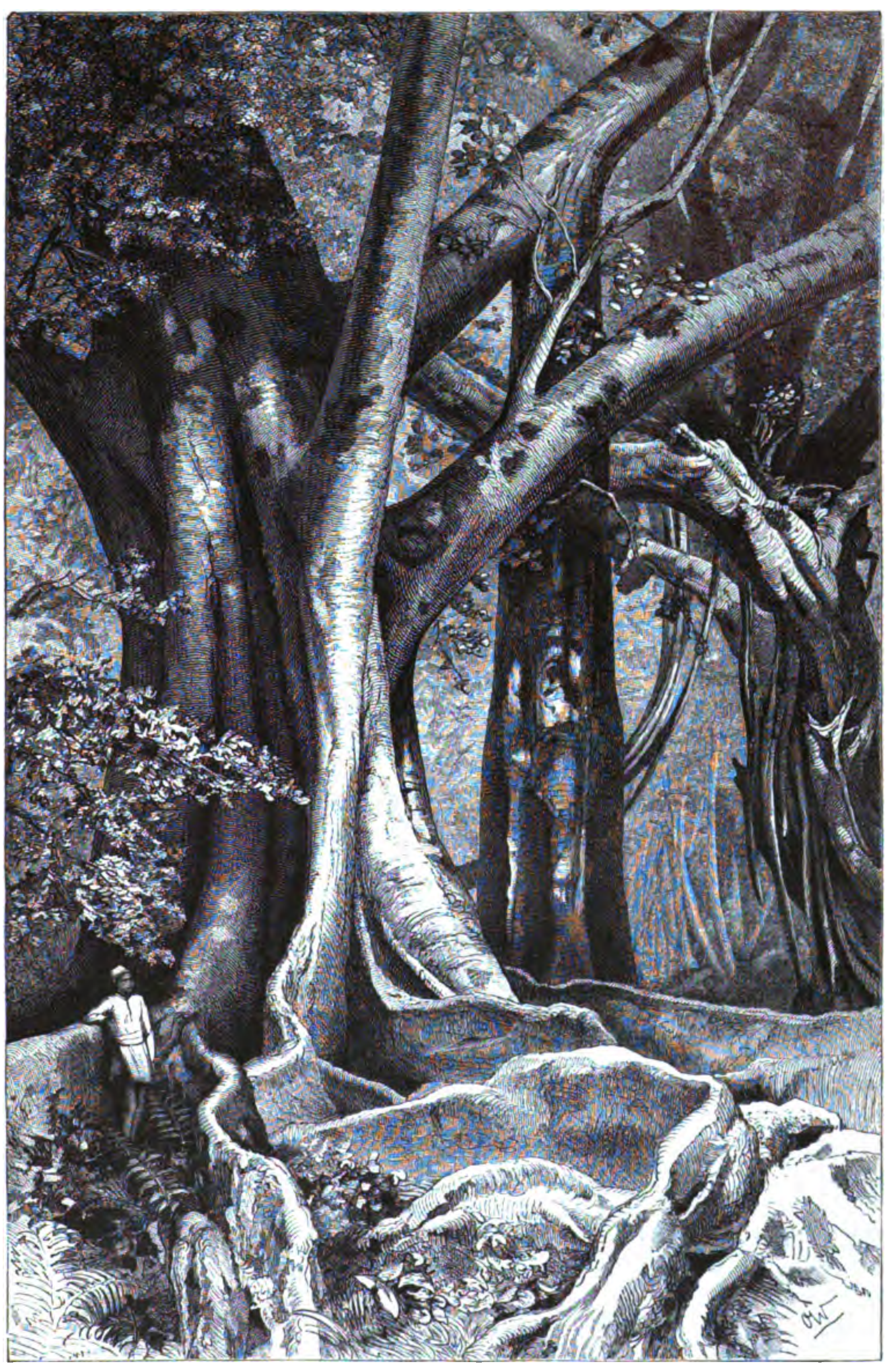
Von diesen zur Aufsaugung des atmosphärischen Wassers geeigneten Luftwurzeln werden jene unterschieden, die zwar an oberirdischen Stämmen entspringen und auch zum größern Teile von Luft umgeben sind, welchen aber die Fähigkeit abgeht, den Wasserdampf der sie umgebenden Luft zu kondensieren und atmosphärisches Wasser anzusaugen, die vielmehr bis zur Erde hinabwachsen und dort eindringen müssen, um das zu erhalten, was sie an Wasser und Nährsalzen bedürfen. Man beobachtet diese Wurzelgebilde insbesondere an klimmenden Pflanzen, deren älteste unterste Stammglieder abgestorben sind und dann mit der Erde nicht mehr in direkter Verbindung stehen, deren große Laubblätter aber eine viel größere Menge von Wasser benötigen, als an den zur Stütze dienenden Baumstämmen zu gewinnen wäre. Die auf S. 339 abgebildeten großblätterigen Aroideen mit seilförmigen, 4—6 m langen, sich zur Erde senkenden Wurzeln können als Vorbild für diese Form angesehen werden. Von den beschreibenden Botanikern werden solche Formen zwar Luftwurzeln genannt, wenn aber an der oben gegebenen Unterscheidung festgehalten wird, so würden solche Wurzeln richtiger als eigentümlich modifizierte Erdwurzeln anzusehen sein. Da übrigens wiederholt beobachtet wurde, daß die Luftwurzeln einiger Orchideen, wenn sie mit der Erde in Berührung kommen, in diese eindringen und den Bau von Erdwurzeln annehmen, so ist auch die Grenze zwischen Luft- und Erdwurzeln verwischt, und es ergibt sich, daß, wie in andern ähnlichen Fällen, alle diese Einteilungen nur künstliche sind.

Die Schmarotzerwurzeln (radices parasiticae) senken sich in das lebendige Gewebe von Wirtpflanzen und saugen aus diesem Stoffe, deren sie selbst sowie der ihnen zum Ausgangspunkte dienende Stamm zum weitern Ausbaue bedürfen. Es werden dieselben auch Haustorien genannt. Sie sind entweder von warzen-, scheiben- oder kuchenförmiger Gestalt oder bilden sogenannte Senker, erinnern bisweilen auch an die Gestalt eines Hyphengeflechtes. Bald entspringen sie seitlich an einem oberirdischen, bald an einem unterirdischen Stamme. Häufig gehen sie auch als seitliche Glieder aus unterirdischen Wurzeln hervor. Ihr Aufbau und ihre verschiedenen Gestalten wurden auf S. 161—197 so ausführlich besprochen, daß hier auf das dort Mitgeteilte verwiesen werden kann.

Man pflegt die Wurzeln, insofern sie den Pflanzenstock in seiner einmal angenommenen Lage festhalten, in Haftwurzeln und Stützwurzeln einzuteilen. Haftwurzeln (radices adligantes) sind eigentlich alle Wurzeln, deren Saugzellen sich mit der Unterlage so fest verbinden, daß eine Verschiebung nur unter Anwendung großer Kraftmittel möglich ist. Selbst die schwimmenden Wurzeln, insofern sie dem Wasser adhärieren und dadurch eine gewisse Stabilität des ganzen Pflanzenstockes bedingen, können als Haftwurzeln angesehen werden. Die Wasserlinsen (Lemna minor, polyrrhiza, gibba), welche mit ihren langen, schraubig gewundenen, gebüschelten Wurzeln in das Wasser eingesenkt sind, werden durch den Anprall des Windes nicht so leicht aus der einmal eingenommenen Lage gebracht. Die mittels ihrer Saugwurzeln an die festen Partikelchen des Erdreiches angeklebten unterirdischen Wurzeln binden natürlich den Pflanzenstock, dem sie angehören, noch viel besser an die Unterlage. Es entsteht durch diese Verbindung von Wurzeln und Erdteilchen eine kompakte, schwer verrückbare Masse, und es ist genügend bekannt, daß lockerer Boden durch Gewächse mit vielverästeten, weit um sich greifenden Wurzeln gefestigt werden kann, und daß gewisse Gräser zur Festigung des Flugsandes benutzt werden. Wenn in Pflanzenbeschreibungen von Haftwurzeln die Rede ist, so sind insbesondere diejenigen gemeint, durch welche oberirdische Stämme mit irgend einer Stütze fest verbunden werden, also beispielsweise die kurzen Kletterwurzeln des Epheus und der Tecoma radicans, die vielfach verästelten, das Gestein und die Baumborke mit einem förmlichen Netze überziehenden und mit der Unterlage verklebenden Wurzeln zahlreicher Arten der Gattungen Bignonia und Cereus, die bandförmigen, mit der Rinde der Bäume verwachsenden Wurzeln gewisser tropischer Orchideen, namentlich der auf S. 99 beschriebenen Phalaenopsis Schilleriana, und endlich die gurtenförmigen Wurzeln der auf S. 664 abgebildeten Ficus und Wrightia.

Die Stützwurzeln haben, wie ihr Name sagt, die Bedeutung von Stützen für jenen Stamm, welchem sie angehören. Sie sind immer oberirdisch sichtbar und zeigen, wenn sie von aufrechten Stämmen entspringen, die Gestalt von Strebepfeilern, wenn sie dagegen weit ausladenden Seitenästen eines Stammes angehören, die Form von Säulen. Es lassen sich dieselben füglich als Tafelwurzeln, Stelzenwurzeln und Säulenwurzeln unterscheiden. Die Tafelwurzeln (radices parietiformes) gehen vom untern Teile eines aufrechten Hauptstammes aus und haben die Gestalt von Tafeln, welche auf eine Schmalseite gestellt sind. Auch lassen sie sich mit massiven Holzplanken vergleichen, wie man sie zur Einfriedigung eines Weges benutzt. Da sie nach allen Richtungen ausstrahlen, so machen die Zugänge zu dem dicken zentralen Stamme den Eindruck kurzer, sich verengernder und in spitzem Winkel endigender Sackgassen. Manchmal treten die Tafelwurzeln gleich schmalen Strebepfeilern in regelmäßiger sternförmiger Anordnung vom Stamme vor und umrahmen schmale Nischen, welche als Schlupfwinkel von verschiedenem Getier aufgesucht werden, namentlich Füchsen einen gern gewählten Unterschlupf bieten. Die Tafelwurzeln sind eine Eigentümlichkeit tropischer Bäume mit mächtiger, schwerer Krone. In besonders ausgeprägter Form zeigt sie der westindische Bombaceenbaum (Eriodendron Caribaeum) und der Kautschuk liefernde, dem tropischen Asien angehörende Gummibaum (Ficus elastica). Das nach der Natur von Ransonnet gezeichnete Bild dieses letztern Baumes auf S. 713 gestattet, eine klare Vorstellung von den Tafelwurzeln zu gewinnen, und es ist hier nur darauf aufmerksam zu machen, daß der im Hintergrunde auf dem Bilde sichtbare Baum eine zweite Ficusart, nämlich den berühmten Banianenbaum (Ficus Indica), von welchem alsbald die Rede sein wird, darstellt.

Auch die Stelzenwurzeln (radices fulcrantes) entspringen gleich den Tafelwurzeln aus dem aufrechten oder schräg aufgerichteten Hauptstamme, sind aber cylindrisch und



Gummibaum (Ficus elastica) und Banianenbaum (Ficus Indica). Vgl. Text, S. 712 u. 714.

haben die Gestalt schiefer Stützpfeiler. Bisweilen stirbt der älteste unterste Teil des gestützten aufrechten Stammes, soweit er in der Erde steckt, und selbst noch darüber hinaus ab, verwest und zerfällt, und nur der obere Teil des Stammes erhält sich frisch und lebendig. Die ersten Wurzeln der in den schlammigen Grund eingebohrten auf S. 564 abgebildeten Mangrovenkeimlinge haben auch die Fähigkeit, durch ihr Längenwachstum den Stamm, dem sie angehören, über den Schlamm emporzuheben. Solche Stämme sind dann wie auf Stelzen gestellt und stehen nur durch Vermittelung der Wurzeln in Verbindung mit dem Boden. Auf S. 715 ist die Abbildung eines Pandanus und auf S. 716 jene einer Mangrovenart eingeschaltet, welche beide diese bizarren Wurzelgebilde zur Anschauung bringen. Man findet sie auch noch an mehreren andern Gewächsen der tropischen Zone, namentlich an Palmen, Clusiaceen und Feigenbäumen. An einigen Clusiaceen sind die Stelzenwurzeln dicker als der von ihnen gestützte Stamm, und an den längs der Meeresküste im Bereiche der Ebbe und Flut in dichten Beständen wachsenden oft genannten Mangroven erscheinen sie wiederholt gabelig verästelt und bilden ein wüstes Gewirr, dessen Sonderbarkeit noch dadurch erhöht wird, daß alle Wurzeläste und auch die Stämme, soweit die Flut reicht, mit den Schalen und Panzern der verschiedensten Schnecken, Muscheln und Krustentiere besetzt sind.

Die **Säulenwurzeln** (radices columnares) entspringen aus den horizontalen oder schräg aufsteigenden Ästen der Bäume, wachsen senkrecht nach abwärts, bis sie den Boden erreicht haben, dringen in diesen ein, verbinden sich mit dem Erdreiche und stellen nun Säulen dar, von welchen die weit ausladenden Äste des Baumes wie Querbalken getragen werden. Sowohl die Bäume, deren aufrechte Stämme von Tafelwurzeln gestützt, als auch jene, deren Stämme mit Stelzenwurzeln versehen sind, können zugleich auch noch Säulenwurzeln aus ihren Ästen entwickeln. Einer der schrägen Äste des auf S. 713 im Vordergrunde abgebildeten Gummibaumes erscheint durch eine nach unten zu verdickte mächtige Säule gestützt, und auch die Mangrovenbäume auf S. 564 u. 716 zeigen lange, von den horizontalen untern Ästen aus der Krone sich herabsenkende Stützwurzeln, welche sich tiefer unten zwischen die Stelzenwurzeln einschieben und in den Schlamm hinabwachsen. Vor nicht langer Zeit war man der Ansicht, daß diese Wurzeln der Mangroven aus den Früchten, solange diese noch am Baume hängen, hervorsprießen und, tiefer und tiefer wachsend, endlich den schlammigen Boden erreichen. Daß der Keimling aus den noch an den Zweigen hängenden Früchten hervorkommt, ist allerdings richtig; derselbe löst sich aber in der auf S. 563 geschilderten Weise ab, sobald er die Länge von 30—50 cm erreicht hat, und bohrt, mit großer Gewalt herabfallend, sein unteres verdicktes Ende in den Schlamm ein; niemals aber kommt es vor, daß ein solcher Keimling bis zum Boden herabwachsen würde, und es ist zweifellos, daß die langen, aus der Krone bis zum Schlamme herablangenden Wurzeln aus den querlaufenden untern Ästen der Mangroven gleich andern Säulenwurzeln entspringen. Von den schwanken, strick- oder seilförmigen Luftwurzeln der Aroideen und andern Überpflanzen (vgl. S. 339) unterscheiden sich die Säulenwurzeln durch ihre große Trag- und Biegungsfestigkeit, die Gegenwart eines eigentümlichen mechanischen Gewebes und dem entsprechend einen ganz andern innern Aufbau, worauf später nochmals die Rede kommen wird.

Die großartigste Ausbildung von Säulenwurzeln zeigen unter allen Bäumen die indischen Banianenbäume Ficus nitida, Tsiela und noch mehrere andre, welche gemeinhin unter dem Namen Ficus Indica zusammengefaßt werden, und von welchen einer auf S. 713 im Hintergrunde abgebildet ist. Es gehört hierher auch der berühmte Asvhatta, der heilige Feigenbaum der Hindu, unter welchem **Buddha** die Richtigkeit des Daseins und das Weltgeheimnis erkannt haben soll. In dem Maße, als die vom Hauptstamme in nahezu horizontaler Richtung ausladenden Äste dieses Baumes erstarken, weiterwachsen, sich



Pandanus utilis. (Nach einer Photographie.) Vgl. Text, S. 714.



Stelzen- und Säulenwurzeln der Mangroven. Vgl. Text, S. 714 u. 718.

verzweigen und an Gewicht zunehmen, senden sie cylindrische Wurzeln aus, welche dem Boden zuwachsen, dort in die Erde eindringen, sich mit Seitenwurzeln festigen und zu Stützpfeilern für die betreffenden Äste werden. Diese an Umfang noch fortwährend zunehmenden Säulenwurzeln haben dann ganz das Ansehen aufrechter Stämme, entwickeln auch belaubte Äste und dienen nicht nur als Stützen, sondern auch zur Aufsaugung und Zuleitung von Wasser und gelösten Nährstoffen aus dem Boden. Unter der Krone eines solchen Baumes sieht es aus wie in einer Halle, deren Decke von Säulen gestützt ist, und da das Blätterdach der Krone für Regen und Sonnenstrahlen fast undurchdringlich ist, herrscht in diesen Hallen selbst am Tage ein unheimliches Dämmerlicht. Der Sage nach soll in den Hallen eines einzigen Banianenbaumes ein Heer von 5000 Mann gelagert haben. Bei dem Dorfe Dena Pitya auf Ceylon steht ein Asvhatta, in dessen Schatten ein Dorf mit hundert Hütten Platz fände, und an einem einzigen dieser Banianenbäume wurden 350 große und 3000 kleinere säulenförmige Luftwurzeln gezählt. Ganz sich selbst überlassen, nehmen die Banianenbäume allerdings solche riesige Dimensionen kaum jemals an, weil der Boden unter der Krone so dürr und fest ist, daß die herabwachsenden Stützpfeiler dort nicht eindringen und anwurzeln könnten; an den von den Hindu besonders betreuten heilig gehaltenen Bäumen aber wird das Anwurzeln dadurch ermöglicht, daß die von den Ästen sich herabsenkenden Wurzeln durch lange Bambusrohre geführt werden, und daß an der Stelle, wo das Eindringen in den Boden erfolgen soll, die Erde befeuchtet und gelockert wird.

Von wesentlichem Einflusse auf die Gestalt der Wurzeln ist der Umstand, ob die betreffende Pflanze einjährig, zweijährig oder mehrjährig ist. Einjährige Gewächse erzeugen in der ihnen karg zugemessenen Vegetationszeit möglichst viele Samen und statten die in den Samen steckenden und in die weite Welt wandernden Keimlinge mit der zur Begründung des neuen Haushaltes notwendigen Reservenahrung aus. Es wäre zwecklos und widerspräche der Ökonomie der Pflanze, wenn von diesen Pflanzen auch noch in irgend einem andern Teile, etwa im Stengel oder in der Wurzel, Reservestoffe abgelagert würden; denn diese Teile verdorren und sterben ab, sobald die Samen, beziehentlich die Keimlinge ausgestreut sind, und es würde dort die mit der Erzeugung und Aufspeicherung von Mehl, Fett, Zucker und andrer Reservenahrung verbundene Arbeit umsonst aufgewendet sein. Die Wurzeln der einjährigen Gewächse beschränken sich daher darauf, das dem Pflanzenstocke im Laufe seiner kurzen Vegetationszeit nötige Wasser und die nötige Menge von Nährsalzen zu liefern, dazu noch die entsprechende Festigung an der Unterlage herzustellen, verschwenden aber keine Arbeit auf die Anlage von unterirdischen Nahrungsspeichern. Ganz anders bei den zweijährigen und mehrjährigen Gewächsen. Die zweijährigen, für welche als bekannteste Beispiele die als Gemüse verwendeten verschiedenen Rüben, die gelbe oder Mohrrübe (Daucus Carota), die weiße Rübe (Brassica Rapa rapacea) und die rote Rübe (Beta vulgaris rapacea), aufgeführt werden mögen, entwickeln im ersten Jahre einen sehr kurzen, mit rosettig gehäuften Laubblättern besetzten Stamm und eine dicke, fleischige, mit Reservestoffen erfüllte Pfahlwurzel (radix palaris) oder rübenförmige Wurzel (radix napiformis). Wenn im zweiten Jahre die Vegetationsthätigkeit von neuem beginnt, so wird auf Kosten oder wenigstens unter Mithilfe der in der verdickten Wurzel aufgespeicherten Stoffe ein aufrechter Sproß mit Laub und Blüten aufgebaut; aus den Blüten werden Früchte, und nach dem Ausreifen der in den Früchten erzeugten Samen stirbt der ganze Sproß mitsamt der ausgesaugten Wurzel ab. An ausdauernden Gewächsen zeigen die Wurzeln, wenn sie der Aufnahme reichlicher Reservestoffe dienen, zwar auch häufig eine starke Verdickung; doch sind es bei diesen Pflanzen die am untern Ende des unterirdischen Stammteiles nach dem Absterben der Erstlingswurzel entspringenden büschelförmig gruppierten

Wurzelfasern, welche diese Ausbildung erfahren, und es werden dieselben im Falle gleichmäßiger spindelförmiger Verdickung, wie bei der Fetthenne (Sedum Telephium) und der weiß blühenden Walderbse (Orobus Pannonicus), **krumige Wurzeln** (radices grumosae), im Falle ungleichmäßiger knotiger Auftreibung, wie bei der knolligen Spierstaude (Spiraea Filipendula) und der gelben Taglilie (Hemerocallis flava), **knotige Wurzeln** (radices nodosae) genannt. Viele unsrer Erdorchideen haben zweierlei Wurzeln in einem Büschel vereinigt, lange cylindrische, wurmförmige und kurze dicke, mit Reservestoffen angefüllte, welche Knollen sehr ähnlich sehen und auch **knollenförmige Wurzeln** (radices tuberosae) geheißen werden. Besonders reich an Gewächsen, deren Wurzeln als Speicher für Reservenahrung ausgebildet sind, ist die mittelländische Flora und auch die Flora der Steppen, wo im Hochsommer die Lebensthätigkeit der Pflanzen auf das äußerste beschränkt ist. Pflanzen der verschiedensten Familien (z. B. Ranunculus Neapolitanus, Centaurea napuligera, Valeriana tuberosa, Rumex tuberosus, Asphodelus albus) bilden dort verdickte, mit Reservestoffen vollgepfropfte, büschelig gruppierte Wurzeln, welche die Trockenperiode unterirdisch ohne Nachteil überdauern und in der kommenden Vegetationszeit die Stoffe zum raschen Aufbaue oberirdischer belaubter und blühender Sprosse hergeben. Eigentümlich sind diese verdickten, gebüschelten Wurzeln bei den ausdauernden, schmarotzenden Arten der Gattung Pedicularis. Dieselben dienen zur Aufspeicherung der Reservestoffe, zur Festigung des Stockes und zur Aufnahme von Nahrung, aber das letztere geschieht hier mittels Saugwarzen, welche sich nahe dem Ende der spindelförmig verdickten Fasern ausbilden, und die sich an die Wurzeln von Wirtpflanzen in der auf S. 166 beschriebenen Weise anlegen.

Es ist nicht anders zu erwarten, als daß den verschiedenen Aufgaben der Wurzeln auch eine verschiedene Anordnung der Zellen und Gewebe entspricht, und daß insbesondere die Stützwurzeln, welche in ihren Funktionen mit den aufrechten Stämmen die meiste Analogie zeigen, wirklich auch aufrechten Stämmen, die Erdwurzeln dagegen, welche mit den liegenden und den in Erde eingebetteten Stammgebilden so vieles gemein haben, diesen letztern in betreff ihres innern Baues ähnlich sehen. **Die Säulenwurzeln sind thatsächlich in ihrem innern Aufbaue von aufrechten Stammgebilden gar nicht zu unterscheiden, und auch die Stelzenwurzeln zeigen eine Gruppierung der Zellen und Gefäße, welche mit jener der aufrechten Stämme oft weit mehr übereinstimmt als mit jener unterirdischer Rhizome.** An der zu den Clusiaceen gehörenden Fragraea obovata unterscheidet sich das zellige Gefüge des aufrechten Stammes von jenem seiner stützenden Stelzenwurzeln nur dadurch, daß das Mark und der Holzteil der Gefäßbündel etwas stärker entwickelt sind, aber im übrigen ist keinerlei Verschiedenheit zu erkennen. Die Stelzenwurzeln der auf S. 716 abgebildeten Mangrove (Rhizophora conjugata) zeigen gleichfalls einen stammähnlichen innern Aufbau. In der Mitte findet sich ein dicker Markkörper, derselbe ist umgeben von zahlreichen Leitbündeln, welche zusammen einen Hohlcylinder bilden und von mechanischem Gewebe begleitet sind; darauf folgen nach außen noch Kork, Hypoderm und eine stark kutikularisierte Oberhaut, also ganz dieselbe räumliche Verteilung, welche die Biegungsfestigkeit der aufrechten Stämme bedingt. Ja, an diesen Stelzenwurzeln der Mangroven findet man sogar die Festigkeit noch durch ein eigentümliches Gewebe erhöht, nämlich durch sogenannte Trichoblasten, sonderbar verschränkte, spindelförmige Zellen mit sehr verdickten Wandungen, welche so hart sind, daß man sie mit dem schärfsten Messer kaum durchschneiden kann.

Bei den Mangroven und auch bei den früher erwähnten Clusiaceen sind die stützenden Wurzeln im Vergleiche zum gestützten Stamme dick und weit ausgreifend, bilden einen umfangreichen Unterbau, vertreten, was die Anforderungen an Festigung anlangt, vollständig den aufrechten, verhältnismäßig schwachen Stamm und sind nur auf Biegungsfestigkeit,

beziehentlich Säulenfestigkeit in Anspruch genommen. Die Zugfestigkeit kann bei diesen Wurzelgebilden kaum in Betracht kommen. Anders verhält es sich bei jenen Gewächsen, deren Stelzenwurzeln einen Stamm mit reichbeblätterter, umfangreicher Krone zu stützen haben, und für welche der auf S. 715 abgebildete **Pandanus** als Vorbild gelten kann. Sobald ein Luftstrom auf die massige, schwere Krone und den sie tragenden aufrechten Stamm einwirkt und ein Schwanken derselben veranlaßt, werden die nach allen Seiten als Stützen an den Stamm angelehnten Wurzeln abwechselnd bald auf Biegungs- und Säulenfestigkeit, bald auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen. Weht der Wind aus Norden, so werden durch den gegen Süden geneigten Stamm die südseitig entspringenden Stützwurzeln einen longitudinalen Druck erfahren, gepreßt und gebogen werden, während die nordseitig entspringenden Stützwurzeln gleichzeitig einem starken Zuge ausgesetzt sind. Läßt der Wind nach, so wird durch die Elastizität der südseitigen Wurzeln der Stamm wieder in die aufrechte Ruhelage zurückgebracht. Das Umgekehrte findet statt, wenn der Anprall des Windes auf Krone und Stamm von Süden her erfolgt. Diese Form der Stelzenwurzeln wird demnach nicht nur biegungs-, sondern auch zugfest gebaut sein müssen. Dem entsprechend findet man auch in den Luftwurzeln des **Pandanus** zwei Cylinder aus mechanischem Gewebe, einen äußern, der aus dem Hartbaste eines peripheren Gefäßbündelkreises hergestellt ist und an die Anordnung erinnert, wie sie bei der Mehrzahl der Dikotyledonen vorkommt, dann einen innern, welcher aus dem Hartbaste eines in der Achse der Wurzel liegenden Gefäßbündelkreises gebildet wird. Durch den erstern erhalten die Stelzenwurzeln die nötige Säulen- und Biegungsfestigkeit, durch den letztern die entsprechende Zugfestigkeit.

Ähnlich wie bei **Pandanus**, erscheinen auch die weniger auffallenden, aus den untersten Stammknoten der Maispflanze entspringenden Stelzenwurzeln der ihnen gestellten doppelten Aufgabe angepaßt. Auch hier sind zwei Cylinder aus mechanischem Gewebe vorhanden. Der äußere, in der Rinde gelegen, besteht bloß aus Hartbast und bedingt die Säulenfestigkeit, während der innere, mit den Leitbündeln in Verbindung stehende die Zugfestigkeit bedingt. Nur ist in den Stelzenwurzeln an der Basis des Maisstammes auch ein zentrales Mark oder eine weite Markhöhlung zu sehen, welche den Wurzeln des **Pandanus** fehlt.

Die an Baumborke, Gestein oder irgend einer andern festen Unterlage angewachsenen Haftwurzeln, desgleichen die mannigfaltig gestalteten unterirdischen Wurzeln werden auf Biegungsfestigkeit nicht in Anspruch genommen, und es fehlen ihnen auch alle jene mechanischen Gewebe, welche die genannte Festigkeit bedingen würden. Dagegen werden diese Wurzeln durch das Gewicht der von ihnen an die Unterlage gebundenen belaubten Stämme gezerrt, und insbesondere ist bei dem Hin- und Herschwanken der zugehörigen beblätterten Stämme und Äste ein starker Zug auf die angewachsenen Wurzeln unvermeidlich. Für einen cylindrischen Körper, welcher starkem longitudinalen Zuge widerstehen soll, gibt es aber keine bessere Einrichtung als die Vereinigung der widerstandsfähigen Elemente zu einer kompakten Masse in der Achse des Cylinders. Und diese Einrichtung ist an den Haftwurzeln und unterirdischen Wurzeln auch wirklich getroffen. Die Leitbündel mitsamt dem angelagerten mechanischen Gewebe bilden in der cylinderförmigen Wurzel einen einzigen zentralen Strang, und der Typus der Erdwurzeln ist: ein cylinderförmiger Gewebekörper, dem sowohl das Mark in der Mitte als auch der Hartbastcylinder in der Nähe des Umfanges fehlt, dessen Gefäßbündel aber so sehr gegen die Achse gedrängt sind, daß sie dort einen einzigen dicken Strang darstellen.

Die in der Erde eingebetteten Wurzeln sind unvermeidlich einem von der umgebenden Masse herrührenden seitlichen Drucke ausgesetzt, und es muß Vorsorge getroffen sein, daß durch diesen Druck die Leitbündel in ihrer Funktion nicht gestört werden, daß die Leitung nicht unterbrochen oder gar aufgehoben wird. Diese Vorsorge aber ist getroffen durch

Polsterung des eben beschriebenen mittlern Stranges, durch Einhüllung desselben in einen Mantel aus Parenchymzellen. Je nach der Größe des seitlichen Druckes schwankt auch die Mächtigkeit dieser Hülle, und wenn die Wurzeln auf sehr große Druckfestigkeit in Anspruch genommen sind, so erscheinen überdies noch die Wände der Parenchymzellen entsprechend verdickt.

Dieser Mantel aus Parenchym ist es auch, in dessen Zellen Reservenahrung abgelagert werden kann. An zweijährigen und ausdauernden Wurzeln ist das den mittlern saftleitenden und zugfesten Strang umgebende Gewebe nicht nur darum so auffallend verdickt, damit die nötige Sicherheit gegen seitlichen Druck hergestellt werde, sondern auch um Raum zu schaffen für Mehl, Fett, Zucker und andre Vorräte, die im Beginne der nächsten Vegetationszeit in Verwendung kommen sollen.

Begreiflicherweise sind die von der Pflanze angelegten und mit Reservenahrung vollgefüllten Gewebe auch ein Anziehungspunkt für unterschiedliche unterirdisch lebende Tiere, und die Anlegung des Speichers erfordert auch eine Sicherung desselben gegen die Angriffe der von Hunger getriebenen Mäuse und verschiedener Insektenlarven. Mit jenen Schutzmitteln und Waffen, durch welche das grüne Laub und durch welche Früchte und Samen gegen die zu weit gehenden Angriffe der Tiere verteidigt werden, wäre hier nicht viel ausgerichtet, dagegen wird das unterirdisch wühlende Ungeziefer durch Gifte soweit wie möglich abgehalten. Es ist genügend bekannt, daß gerade die Wurzeln besonders reich an giftigen Alkaloiden, an den Tieren widerlichen Harzen, bittern Stoffen und dergleichen sind und darum auch als Arzneimittel mehr als Stengel und Blätter Anwendung finden. Ein unfehlbarer Schutz gegen alle Angriffe von seiten der Tiere wird freilich nicht geboten; daß aber wenigstens eine teilweise Sicherung durch Aufspeicherung bestimmter Stoffe in den überwinternden Wurzeln stattfindet, ist durch die nachstehenden Erfahrungen sehr wahrscheinlich gemacht. In einem Garten Innsbrucks hatten einmal die Feldmäuse unter der winterlichen Schneedecke arge Verwüstungen angerichtet und verschiedene Wurzeln angenagt; die an giftigem Saponin reichen Wurzeln und Wurzelstöcke des dort reichlich wachsenden Seifenkrautes (Saponaria officinalis) waren aber von ihnen verschont geblieben. Daß die bittern Wurzeln der Enziane (Gentiana punctata, lutea, Pannonica), die doch ungemein reich an Reservenahrung sind und auf den von Mäusen durchwühlten tiefgründigen Alpenwiesen ihren Standort haben, von einem Tiere angegriffen worden wären, hat man nie gesehen. Dasselbe gilt von den dicken Pfahlwurzeln des giftigen Eisenhutes, von den massiven Wurzeln der Rhabarberpflanzen und vieler Doldengewächse, welche doch alle reich an Amylum und andern Nährstoffen sind und insofern für die pflanzenfressenden hungernden Tiere im Winter eine ausgiebige Nahrung bieten würden.

Wenn das den zentralen Strang der Leitbündel umgebende parenchymatische Gewebe der Erdwurzeln nicht nur als Schutzmittel gegen seitlichen Druck, sondern auch zur Aufspeicherung von Nährstoffen dient und überdies Einrichtungen zur Abwehr gefräßiger Tiere besitzt, so ist der Aufbau solcher Wurzeln weit komplizierter als in jenen Fällen, wo es sich allein um die Sicherung gegen seitlichen Druck handelt. Es ergeben sich auch, entsprechend den verschiedenen Anforderungen, welche durch die Verhältnisse des Standortes und durch die eigentümliche Lebensweise der Pflanzenarten bestimmt werden, die mannigfaltigsten Ausbildungen der parenchymatischen Gewebe am Umfange der Erdwurzeln. Bei den Wasserwurzeln kommt auch noch das Bedürfnis reichlicher Durchlüftung in Betracht, sowie anderseits an diesen Wurzelformen die Aufspeicherung von Reservestoffen vermieden werden muß, weil durch Erhöhung des Gewichtes der mit Reservenahrung vollgefüllten Gewebe ein Hinabsinken der schwimmenden Wasserpflanze in die Tiefe zur unrechten Zeit veranlaßt werden könnte.

In dem parenchymatischen Gewebe, welches an der wachsenden Wurzelspitze ausgebildet wird, und das unter dem Namen **Wurzelhaube** bekannt ist, wäre die Aufspeicherung von Reservenahrung gleichfalls nicht am Platze. An den Erdwurzeln dient die Wurzelhaube nur dem Schutze der zarten, in Teilung und Vermehrung begriffenen Zellen am wachsenden Ende. Der Druck, welchem diese in fortwährender Teilung begriffenen Zellen bei ihrem Vordringen im Erdreiche ausgesetzt sind, ist ein viel größerer als jener, welcher auf die ausgewachsenen Teile hinter der Wurzelspitze einwirkt. Es hat das wachsende Ende der Wurzel feste Sandkörnchen und andre Erdpartikelchen auf die Seite zu schieben und gleich einem Erdbohrer den Raum zu schaffen, in welchem später die ausgewachsene Wurzel Platz finden soll. Die Wurzelhaube kann mit einem Schilde verglichen werden, welchen die wachsenden und dabei vordrängenden Zellen in der Richtung, wo es notwendig ist, ausbilden, und den sie stetig vor sich herschieben. Es wird dieser Schild von seiten des wachsenden Gewebes fort und fort ergänzt und erneuert. Die an das wachsende Gewebe anschließende Hälfte der Wurzelhaube besteht aus eckigen, dicht gefügten, die äußere, dem Erdreiche zugewendete Hälfte aus abgerundeten, gelockerten Zellen. Auch sieht man an der äußern Seite der Wurzelhaube die Zellen teilweise getrennt und abgerissen. In dem Maße, als die äußern Zellschichten bei dem Vordringen der Wurzel und dem dabei unvermeidlichen Kontakte mit dem umgebenden Erdreiche abgestoßen werden, rücken von innen her immer wieder neue Zellen nach, und so findet eine fortwährende Ergänzung des Verlorengegangenen, eine fortwährende Reparatur des Schildes statt.

Wasserwurzeln bedürfen begreiflicherweise eines solchen Schildes an ihrer Spitze nicht; auch für die Luftwurzeln ist derselbe, wenigstens in der geschilderten Form, überflüssig. Selbst die in Schlamm eindringenden Wurzeln haben desselben nicht nötig. Mehrere Wasserpflanzen und auch die sumpfbewohnenden Mangroven entwickeln daher an ihren Wurzelenden keine Wurzelhaube. Ebenso fehlt dieselbe vollständig den Schmarotzerwurzeln, für welche sie beim Eindringen in das Gewebe der Wirtpflanzen nur ein Hindernis bilden würde.

Definition der Wurzel.

In den vorhergehenden Zeilen wurde fortwährend von Wurzeln gesprochen, ohne daß früher kunstgerecht definiert worden wäre, was eine Wurzel sei, und es kommt diesmal, entgegen dem in wissenschaftlichen Werken üblichen Gebrauche, die Definition des behandelten Gegenstandes nicht am Anfange, sondern in der Mitte des Kapitels zu stehen. Diese Verschiebung wurde durch das Bedürfnis veranlaßt, die Definition im Hinblicke auf verschiedene Eigentümlichkeiten des äußern und innern Baues der Wurzeln zu begründen, deren Kenntnis nicht bei allen Lesern vorausgesetzt werden kann, und welche daher soweit als notwendig früher noch geschildert werden mußten.

Aber, wird mancher Leser fragen, ist denn in diesem Falle überhaupt eine Definition notwendig, ist nicht ohnedies jedermann bekannt, was die Wurzel eines Pflanzenstockes ist, und wodurch sie sich von Stamm und Blatt unterscheidet? Es verhält sich hiermit gerade so wie mit dem Pflanzenblatte. Jeder Nichtbotaniker glaubt zu wissen, was er sich vorzustellen hat, wenn er das Wort Blatt nennen hört, und kann sich des Erstaunens, ja vielleicht des Lächelns nicht enthalten, wenn er sieht und hört, daß die Männer der Wissenschaft über eine so einfache Frage nicht im reinen sind, und wenn er wahrnimmt, daß die Gelehrten in leidenschaftlicher Weise wegen ihrer desfallsigen abweichenden Auffassungen sich befehden. Dem unbefangenen Leser erscheinen ohne Zweifel auch die Debatten darüber, ob ein vorliegender Pflanzenteil als Wurzel anzusprechen ist oder nicht, als gelehrte

Haarspaltereien und Wortklaubereien, und ich getraue mir in anbetracht so mancher Debatten diesem Urteile nicht gerade schroff entgegenzutreten. Der Gelehrte, der sich aus einer bald größern, bald kleinern Summe einzelner Anschauungen das Bild einer idealen Pflanze oder Urpflanze konstruiert, der ermittelt, wie sich an diesem Ideale die einzelnen Teile in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge und in ihren gegenseitigen räumlichen Beziehungen verhalten, und der die Teile hiernach unterscheidet und definiert, ist gar so leicht versucht, die geschaffene Abstraktion als maßgebend für die ganze Pflanzenwelt hinzustellen. Ausgehend von dem aus der Betrachtung und Vergleichung von so und so viel Einzelfällen gewonnenen Gesichtspunkte werden alle Formen gedeutet und geordnet, alles soll sich in den nun festgestellten Rahmen einfügen, und wo es gar nicht zusammengehen will, spricht man von Ausnahmen, ohne zu bedenken, daß gerade in solchem Falle Ausnahmen nicht zulässig, vielmehr ein Beweis unzulänglicher Übersicht der beobachteten Einzelheiten sind.

Bei dem Zusammenfassen der Ergebnisse aus derartigen allgemeinen vergleichenden Studien über die Gestalt der Pflanzen kommt natürlich auch sehr viel darauf an, wie die Definitionen der einzelnen Teile und Glieder des Pflanzenstockes formuliert werden, und ob der Autor auf dieses oder jenes Merkmal ein größeres Gewicht legt. Gesetzt den Fall, einer hält sich berechtigt, das Vorhandensein oder Fehlen der Wurzelhaube als wichtigen Unterschied von Wurzel und Stamm hinzustellen, so wird er die Stützen des Mangrovenstammes als geotropische Seitenstämme ansprechen; ein andrer, welcher darauf ein besonderes Gewicht legt, daß die Wurzeln hinter ihrer fortwachsenden Spitze keine Blätter anlegen, wird dagegen die Stützen des Mangrovenstammes für Wurzeln ohne Wurzelhaube erklären. In ähnlicher Weise verhält es sich mit den widersprechenden Deutungen und abweichenden Benennungen, welche den Stützen der Clusiaceen und Feigen, den in das Gewebe der Wirtpflanzen eindringenden Festigungs- und Saugapparaten der Misteln und noch so manchen andern unterirdischen und oberirdischen Teilen des Pflanzenkörpers gegeben wurden.

An diesem Beispiele sollte nur gezeigt werden, wie über scheinbar so einfache Dinge ein Widerstreit entstehen kann, wie leicht die Forscher auf dem Gebiete der spekulativen Gestaltlehre der Einseitigkeit verfallen, welchen großen Schwierigkeiten die Feststellung einer Definition begegnet, und wie insbesondere die voreilige Verallgemeinerung der Merkmale, von welchen man nicht sicher ist, ob sie wirklich überall zutreffen, vermieden werden sollte. Jede Definition ist eben von dem jeweiligen Umfange unsrer Kenntnisse abhängig, sie kann mit der Erweiterung unsrer Erfahrungen hinfällig werden und hat daher nur eine relative Gültigkeit.

Vom Standpunkte unsrer gegenwärtigen Kenntnisse aber kann als relativ beste Definition der Wurzel folgende gelten. **Die Wurzel ist ein mit Gefäßbündeln versehener Gewebekörper, welcher aus einem ältern, schon vorher gebildeten Teile des Pflanzenstockes entspringt, unbegrenztes Wachstum besitzt und niemals den unmittelbaren Ausgangspunkt von Blättern bildet.**

Anschließend an diese Definition, mögen hier einige Bemerkungen Platz finden, durch welche noch so manche Beziehungen der Wurzel zu den übrigen Teilen des Pflanzenstockes aufgeklärt werden. Zunächst sei hervorgehoben, daß in der obigen Definition unter Pflanzenstock auch dessen jüngstes Entwickelungsstadium, nämlich der Keimling, inbegriffen ist. Weiter ist zu erörtern, warum in der obigen Definition jener Eigenschaft, an welche man in nichtbotanischen Kreisen zu allererst denkt, wenn von einer Wurzel die Rede ist, die Fähigkeit, flüssige Nahrung aus einem andern Körper zu entnehmen, nicht erwähnt wurde. Es ist ja ganz richtig, daß das Ansaugen von Flüssigkeiten ganz vorzüglich an den Wurzeln beobachtet wird, aber eigentlich sind es doch nur die von den Wurzeln ausgehenden Saugzellen, welchen diese Aufgabe zukommt, und solche Saugzellen finden sich bekanntlich auch

an Stämmen und Blättern ausgebildet. Das aus der Samenschale vorgeschobene Keimblatt des Rohrkolbens (Typha) bringt mit Saugzellen in den Boden ein, die Höhlungen der grünen Blattgebilde an tierfangenden Pflanzen sind reichlich mit Saugzellen ausgestattet; auch an den grünen Blättern vieler Steinbreche, Stachelrasen, Tamarisken u. s. f. findet man besondere Saugzellen ausgebildet, und an jenen Sumpfpflanzen, deren Laubblätter zum Teile auf der Wasseroberfläche schwimmen, zum Teile untergetaucht sind, fungieren die Oberhautzellen der letztern gleichfalls als Saugzellen. An vielen Wasserpflanzen (z. B. Hottonia, Ceratophyllum, Najas) wird die Aufsaugung nur durch die Oberhautzellen der Laubblätter vermittelt, und von Wurzeln ist an ihnen keine Spur aufzufinden. Dagegen erinnern ihre Laubblätter vielfach an Wurzelgebilde, und an einem schwimmenden Wasserfarne (Salvinia natans) haben die untergetauchten Blätter auch in Form und Farbe die größte Ähnlichkeit mit Wurzeln. Man kann nun in solchen Fällen sagen, die Blätter seien in Saugorgane metamorphosiert, nimmermehr aber behaupten, aus den Blättern seien Wurzeln geworden. Dasselbe gilt von den Pflanzen, deren unterirdische Stämme mit Saugzellen versehen sind (z. B. Bartsia, Epipogum, Corallorrhiza), oder deren in Wasser untergetauchte Stammgebilde mit Oberhautzellen ausgestattet sind, welche als Saugzellen fungieren (z. B. Lemna trisulca). An diesen Pflanzen sind eben die Stammgebilde in Saugorgane metamorphosiert, aber nicht in Wurzeln umgewandelt.

Man ist gewohnt, sich die Wurzeln der Pflanzenstöcke als Gebilde mit weißer, gelber, roter, brauner oder schwarzer, aber nur nicht grüner Farbe vorzustellen, weil thatsächlich ihre weitaus größte Mehrzahl des Chlorophylls entbehrt. Es fehlt aber auch nicht an Pflanzenstöcken, deren Wurzeln Chlorophyll enthalten, wie z. B. jene der Lemna minor und verschiedener Aroideen und Orchideen. Ja, an den mit Luftwurzeln versehenen Orchideen, denen grüne Laubblätter fehlen, muß von den grünen Wurzeln die Bildung organischer Verbindungen aus den Nährgasen im Sonnenlichte, also jene Funktion übernommen werden, welche in so vielen andern Fällen von den Laubblättern besorgt wird. Es wäre nun ebensowenig gerechtfertigt, den Mangel an Chlorophyll als charakteristisch für die Wurzeln hervorzuheben, als es gestattet sein würde, zu sagen, die Wurzeln seien zu grünen Laubblättern geworden. Die Wurzeln der erwähnten Orchideen haben sich in Assimilationsorgane metamorphosiert, sind aber nichtsdestoweniger Wurzeln geblieben.

In früherer Zeit glaubte man Wurzeln und Stämme dadurch unterscheiden zu können, daß man den erstern die Fähigkeit, Knospen auszubilden, absprach, den letztern zusprach. Aber wenn dieser Gegensatz auch in vielen Fällen wirklich beobachtet wird, eine allgemeine Gültigkeit kommt demselben nicht zu. An zahlreichen Gewächsen bilden die Wurzeln Knospen aus, welche zu beblätterten Sprossen werden, und zwar nicht nur seitenständige, sondern auch endständige Knospen. Ist das letztere der Fall, so macht es den Eindruck, als ob sich die Wurzel geradeswegs in einen beblätterten Sproß fortsetzen würde, und solche Vorkommnisse haben zu der irrigen Angabe geführt, daß sich die Wurzelspitze in einen beblätterten Stamm umwandeln könne.

Endlich wäre hier auch noch des Gegensatzes zu gedenken, welcher in betreff des Ursprunges der Wurzeln und Stämme besteht. Es läßt sich nicht in Abrede stellen, daß die Ursprungspunkte der Stämme meistens geometrisch geordnet sind, während jene der Wurzeln eine solche Ordnung nur in seltenen Fällen erkennen lassen. Es müssen aber doch wieder die Worte „meistens“ und „selten“ eingeschaltet werden; denn eine durchgreifende Verschiedenheit besteht auch in dieser Beziehung nicht. Die aus den unterirdischen Wurzeln der Espe (Populus tremula) und die aus alten Schwarzpappelstämmen (Populus nigra) hervorsprießenden Stammgebilde kommen ganz ordnungslos zum Vorscheine, und anderseits entspringen die Wurzeln vieler Aroideen mit derselben Gesetzmäßigkeit wie die Blätter

und die aus den Achseln dieser Blätter ihren Ursprung nehmenden Seitenstämme. In den meisten Fällen geht die Wurzel aus einer Zellgruppe hervor, welche dem Innern eines Stammes oder einer ältern Wurzel angehört, und ehemals glaubte man auch hierin einen Unterschied zwischen Wurzeln, Blättern und Stämmen gefunden zu haben, da die letztern aus Zellen nahe der Oberfläche des sie gebärenden Gewebekörpers entstehen. Aber die Wasserwurzeln, beispielsweise jene der Ruppia und Zannichellia, gehen auch aus Zellen nahe der Oberfläche des Stammes hervor, und ebenso entspringen die Wurzeln aus den Blättern des Wiesenschaumkrautes aus den Zellen der Oberhaut und des unmittelbar unter der Oberhaut liegenden Parenchyms, so daß auch hierin ein durchgreifender Unterschied nicht gefunden werden kann.

Wenn aber auch alle diese Merkmale, welche seiner Zeit zur Charakterisierung der Wurzel herbeigezogen wurden, in dieser Richtung nicht verwendet werden können, weil sie keine allgemeine Gültigkeit haben, so bleibt doch immer noch ein Kennzeichen, nämlich, daß aus dem Gewebekörper der Wurzel niemals Blätter hervorgehen, übrig, und auf dieses ist darum auch das größte Gewicht zu legen. Alles reiflich erwägend, kommt man zu dem Schlusse, daß der Pflanzenstock und zwar schon die jüngste Entwickelungsstufe desselben, der Keimling, aus einem Stamme besteht, welcher Blätter und Wurzeln entwickelt. Stämme, Blätter und Wurzeln können die verschiedensten Funktionen übernehmen, sich dem entsprechend ausgestalten und sich in die verschiedensten Organe metamorphosieren. Es verhält sich mit dem Pflanzenstocke beiläufig wie mit dem Körper eines Krustentieres, welcher sich in Rumpf und Extremitäten gliedert. Die Extremitäten dienen in den meisten Fällen als Bewegungs-, Greif- und Haftorgane, sind aber mitunter auch in Respirationsorgane, Eierträger 2c. metamorphosiert.

Merkwürdige Lebenserscheinungen der Wurzeln.

Die kleinen Stammgebilde, welche aus den keimenden Samen der Orchideen hervorgehen, zeigen, entsprechend der Verschiedenheit ihres Keimbettes, ein sehr abweichendes Verhalten. Aus den kleinen Knöllchen der an Baumrinde als Überpflanzen gedeihenden Arten erheben sich zunächst haarförmige Saugzellen, welche mit der Unterlage verkleben, dann kommen Wurzeln zum Vorscheine, die gleichfalls mit der Borke fest verwachsen, deren oberflächliche Zellen aber nicht im stande sind, in das Innere der Unterlage einzudringen. Die kleinen Knöllchen der sogenannten Erdorchideen, d. h. derjenigen, welche auf Wiesen und im Humus der Waldgründe ihren Standort haben, entwickeln Wurzeln, welche in den Boden hinabwachsen und ihre wachsende Spitze dem Erdmittelpunkte zuwenden. Dabei ziehen sie das Stammgebilde, von welchem sie ausgegangen sind, mit in die Tiefe hinab, und es kommt vor, daß auf diese Weise die knöllchenförmigen Stämme binnen zwei Jahren 6—10 cm unter die Stelle befördert werden, wo der Same gekeimt hatte. Mit den Keimlingen zahlreicher zwei- und mehrjähriger Gewächse, zumal solcher, deren unterirdische Wurzeln und Stämme nachträglich zu Speichern für Reservestoffe werden, z. B. den Mohrrüben und Nachtkerzen, dem Eisenhute, Wiesenklee, Hundswürger, Bingelkraute, Türkenbunde, knolligen Hahnenfuße (Daucus, Oenothera, Aconitum, Trifolium pratense, Cynanchum Vincetoxicum, Mercurialis perennis, Lilium Martagon, Ranunculus bulbosus) und vielen andern, verhält es sich ganz ähnlich. Auch bei diesen Pflanzen wird der Stamm des Keimlinges mehr oder weniger tief unter die Erde gezogen, und die vernarbten Ansatzpunkte der Keimblätter befinden sich dann nicht selten mehrere Zentimeter tiefer als zur Zeit des Herausziehens aus der Samenhülle.

Auch von den später entstehenden Wurzeln, jenen sowohl, welche von liegenden, als auch solchen, die von aufrechten, von flechtenden und kletternden belaubten Stämmen ausgehen, haben manche die Fähigkeit, auf ihren Stamm einen Zug auszuüben. Die an den Stengelknoten der Ausäufer, beispielsweise jenen der Erdbeerpflanze, entspringenden Wurzeln ziehen diese Stengelknoten ein Zentimeter in die Erde hinein. Dasselbe gilt von den langen Wurzeln, welche aus den Stämmen der ausdauernden Primeln hervorgehen. Wenn solche Primeln in den Klüften und Spalten senkrecht abstürzender Felswände ihren Standort haben, so wird durch dieses Hineinziehen eine Erscheinung hervorgebracht, welche jeden, der sie zum ersten Male beobachtet, überrascht und ihm als ein schwer zu lösendes Rätsel erscheint. Die dicken Stämme dieser Primeln (z. B. Primula Auricula, Clusiana, hirsuta) sind durch eine Rosette aus Laubblättern abgeschlossen; im Herbste vergilben und verdorren diese Blätter, und es wird in der Achsel eines derselben eine neue Rosette für das nächste Jahr angelegt. Wenn die Rosettenblätter auch ziemlich gedrängt übereinander stehen, so hat nichtsdestoweniger das von ihnen bekleidete Stammstück ein Längenausmaß von einem Zentimeter, und ebenso lang ist auch der jährliche Zuwachs, welchen der geradlinig dem Lichte zuwachsende Stamm erfährt. Dieser Zuwachs von zehn Jahren summiert gibt zehn Zentimeter, und man sollte erwarten, daß die Rosette des zehnten Jahres auch um zehn Zentimeter über jenen Punkt vorgeschoben sein würde, wo die Rosette des ersten Jahres stand. Merkwürdigerweise aber bleiben die Rosetten aller folgenden Jahre immer an dem gleichen Punkte, nämlich immer den felsigen Rändern der Ritze oder Kluft angeschmiegt, in welcher der Stock wurzelt. Es erklärt sich diese Erscheinung daraus, daß die von dem rosettentragenden Stamme ausgehenden Wurzeln den Stamm alljährlich um ein Zentimeter in die mit Erde und Humus gefüllte Ritze hineinziehen. Das kann aber wieder nur geschehen, wenn das hintere Ende des Stammes alljährlich um ein entsprechend großes Stück abstirbt und verwest, was auch thatsächlich der Fall ist. In Felsritzen, welche für diesen Vorgang nicht geeignet sind, gedeihen die Primeln schlecht, ihre Stämme ragen dann über die Ränder der Ritzen vor, die ganzen Stöcke verfallen aber einem langsamen Siechtume, kommen nicht mehr zum Blühen und gehen nach einigen Jahren zu Grunde. Für die Kultur der genannten Primeln ist die Erkenntnis dieser ihrer Wachstumsweise insofern von einigem Werte, weil sich daraus naturgemäß die Vorsicht ergibt, die Stöcke so zu pflanzen, daß die Stämme alljährlich um ein bestimmtes Stück von den Wurzeln in die Erde gezogen werden können. Es ist wohl überflüssig, zu erwähnen, daß außer den Primeln auch noch viele andre in Felsenritzen wurzelnde Gewächse, beispielsweise Phyteuma comosum, Gentiana Clusiana, Campanula Zoisii, Paederota Ageria, sich ähnlich verhalten.

Auf ganz seltsame Weise werden die Stammenden mehrerer Brombeerarten unter die Erde gezogen. Eine dieser Arten, Rubus bifrons, ist in der Abbildung auf S. 726 dargestellt, und zwar sind in dieser Abbildung die Wurzeln und die durch sie in das Erdreich gezogenen Stammspitzen dadurch ersichtlich gemacht, daß im Vordergrunde die Erde wie durch Spatenstiche abgehoben erscheint. Rubus bifrons entwickelt alljährlich kräftige fünfkantige, mit rückwärts gerichteten Stacheln besetzte Schößlinge, welche anfänglich kerzengerade in die Höhe wachsen, gegen den Herbst zu aber weite Bogen bilden, was zur Folge hat, daß ihre Spitzen sich dem Erdreiche nähern. Noch bevor diese den Erdboden erreicht haben, bemerkt man nahe an der Basis kleiner schuppenförmiger, verkümmert aussehender Blätter Höcker an den Stammkanten sich erheben, welche die Anlagen von Wurzeln sind. Hat die Stammspitze den Boden erreicht, so verlängern sich die mit der Erde in Kontakt gekommenen Höcker zu Wurzeln, und diese senken sich in das Erdreich ein. Sie verlängern sich sehr rasch, es bilden sich auch zahlreiche Seitenwurzeln an ihnen aus, und in kurzer Zeit ist ein umfangreiches unterirdisches Wurzelsystem hergestellt. Aber auch die Stammspitze,

welche den Ausgangspunkt für dieses Wurzelwerk bildet, und die jetzt auffallend verdickt erscheint, ist unter die Erde gekommen. Dieselbe wurde durch die Wurzeln in die Tiefe



Brombeerstrauch mit einwurzelnden Zweigspitzen. Vgl. Text, S. 725.

gezogen und bleibt nun hier in der Erde eingebettet. Im darauf folgenden Frühlinge, bisweilen schon im selben Herbste, in welchem die Einwurzelung erfolgte, wächst diese Stammspitze, ernährt von ihren Wurzeln, zu einem Sprosse aus, der sich wieder über die Erde vorschiebt. Der alte Stamm aber, der sich bogenförmig zur Erde niedergebeugt hatte,

und dessen Spitze durch die Wurzeln in die Erde hineingezogen wurde, stirbt früher oder später ab, und so ist aus der Stammspitze ein neuer selbständiger Stock geworden.

Daß das Hinabziehen des Stammes in die Erde durch die Wurzeln vermittelt wird, ist in allen Fällen nachgewiesen. Die Wurzeln verkürzen sich nach beendigtem Längenwachstume, in einigen Fällen nur um 2—3, in andern Fällen aber um 20—30 Prozent, also um nahezu den dritten Teil ihrer Länge. Die Verkürzung beruht auf Änderungen des Turgors der Zellen bei der Wasseraufnahme. Während die Zellen des noch im Wachstume begriffenen Wurzelteiles durch die erhöhte Turgeszenz sich verlängern, werden jene der ausgewachsenen Wurzel infolge der Zunahme des Turgors kürzer und breiter. An der ausgewachsenen Wurzel werden also merkwürdigerweise die Parenchymzellen bei der Wasseraufnahme und der dadurch veranlaßten erhöhten Turgeszenz auf Kosten ihrer Länge in die Breite ausgedehnt, und die natürliche Folge ist eine Verkürzung des ganzen Gewebekörpers. Diese Verkürzung des ausgewachsenen Wurzelteiles macht sich nach beiden Seiten hin als Zug geltend. An dem untern Ende des ausgewachsenen Wurzelteiles befindet sich das noch nicht ausgewachsene, dem Mittelpunkte der Erde zustrebende Wurzelstück, an dem obern Ende das Stammstück, von welchem die Wurzel entsprungen ist. Das noch nicht ausgewachsene Wurzelstück ist oberhalb seiner dem Erdmittelpunkte zuwachsenden Spitze mit haarförmigen Saugzellen ausgerüstet, und diese sind mit der umgebenden Erde verwachsen. Dadurch aber wird ein Widerhalt gegeben, welchen der Zug des sich zusammenziehenden Wurzelstückes nicht überwinden kann. Auch wird, wie schon oben bemerkt, in dem wachsenden Wurzelende durch die Turgeszenz eine Verlängerung der Zellen, eine Streckung des Gewebes veranlaßt, und das Wurzelende dringt trotz des von obenher wirkenden Zuges in die Tiefe. Nach dieser Richtung hat also der Zug keinen Erfolg. Anders verhält es sich mit dem Zuge, welchen das sich verkürzende ausgewachsene Wurzelstück nach oben auf den Stamm ausübt. Hier ist kein Widerhalt, der nicht leicht überwunden werden könnte, und so wird denn auch das betreffende Stammstück, sei es der Keimblattstamm des Keimlinges, die Basis eines Sproßblattstammes, ein Knoten aus der Mitte oder an der Spitze des belaubten Mittelblattstammes, in die Erde hinabgezogen.

Dieses merkwürdige Hinabziehen kommt selbstverständlich nur an Pflanzen vor, deren Wurzeln lotrecht in das Erdreich hinabwachsen, und wird, wie schon bemerkt, am auffallendsten an jenen Arten beobachtet, welche in ihren unterirdischen Stamm- und Wurzelgebilden Reservestoffe aufspeichern. Wurzeln, welche flach unter der Oberfläche des Bodens verlaufen, sind nicht geeignet, den Stamm in der angegebenen Weise zu beeinflussen. Im Gegenteile, unter gewissen Umständen vermögen diese eine Hebung des Stammes zu bewirken. Das gilt insbesondere von Bäumen mit mächtigen verholzenden Wurzeln, beispielsweise von Fichten und Kiefern, Eichen und Kastanien, und erklärt sich auf folgende sehr einfache Weise. Die erste mit ihrer Spitze senkrecht in die Erde hinabwachsende Keimlingswurzel dieser Baumarten stirbt schon früh ab oder bleibt doch in ihrer Entwickelung, zumal in ihrer Längenausdehnung, sehr zurück, und es entwickeln sich aus ihr oder aus dem untersten Teile des aufrechten Sproßblattstammes viel kräftigere Wurzeln, welche in horizontaler Richtung unter der Oberfläche des Bodens verlaufen. Meistens strahlen diese nach allen Richtungen aus und bilden einen förmlichen Quirl an der Basis des aufrechten Stammes, wie man sehr deutlich an den durch einen verheerenden Sturm entwurzelten Fichten sehen kann. Diese flach unter der Oberfläche verlaufenden Wurzeln haben anfänglich nur geringe Dicke, ihr Umfang nimmt aber mit den Jahren zu, und man erkennt an ihnen die aufeinander folgenden Holzschichten als „Jahresringe" ganz ähnlich wie an dem Stamme. Natürlich sind die unterirdischen Wurzeln druckfest gebaut und widerstehen nicht nur dem vom umgebenden Erdreiche ausgehenden Drucke, sondern üben bei ihrem

Dickenwachstume selbst einen erheblichen seitlichen Druck aus. Infolgedessen wird unterhalb der cylindrischen, horizontal gelagerten Wurzel die Erde zusammengepreßt, oberhalb derselben aber gehoben und aufgebrochen. Allmählich wird die holzige dicke Wurzel oberflächlich sichtbar und ist an der obern Seite von Erde ganz entblößt. Die Achse der horizontalen Wurzel nimmt nicht mehr jene Lage ein wie in frühern Jahren. Damals war die Wurzel nur einige Millimeter dick, jetzt hat sie den Durchmesser von 20—30 cm erreicht, und die Wurzelachse ist beiläufig um den halben Wurzeldurchmesser, das ist 10—15 cm, hinaufgerückt. Um ebensoviel wird aber auch der aufrechte Stamm, welcher in der oben beschriebenen Weise mit horizontalen Wurzeln in fester Verbindung ist, gehoben. So erklärt sich auch das eigentümliche Bild, das man in unsern Fichten- und Eichenwäldern so häufig zu beobachten Gelegenheit hat, das Bild mächtiger Baumstämme, von deren Basis dicke holzige Wurzeln entspringen, welche an ihrer obern Seite von Erde entblößt sind und halb oberirdisch in schlangenförmigen Windungen im Waldgrunde verlaufen.

Noch auffallender als an unsern einheimischen Bäumen ist die Hebung der Stämme durch die Wurzeln an den tropischen Mangroven, deren erste Entwickelungsstadien auf S. 563 geschildert wurden. Nachdem der Keimling vom Baume herabgefallen ist und sich im Schlamme eingebohrt hat, erheben sich an seinem Umfange im untern Drittel Höcker, welche zu schräg abwärts gerichteten Wurzeln auswachsen. Schon nach wenigen Monaten ist infolge der Verlängerung dieser Wurzeln der im Schlamme eingebohrte Stock über dem Schlamme etwas emporgehoben und erscheint jetzt wie auf Stelzen gestellt (vgl. S. 714 und die Abbildungen auf S. 564 u. 716).

Wiederholt wurde hervorgehoben, daß die Erstlingswurzeln des Keimlinges an im vorhinein bestimmten Stellen des Keimblattstammes angelegt werden. Auch die von Rhizomen, Ausläufern und oberirdischen kletternden Stämmen ausgehenden Wurzeln erscheinen der Mehrzahl nach in ihrem Ursprunge genau bestimmt, und es ist die Lage des Ursprunges ganz unabhängig von äußern Einflüssen. So bildet sich unter allen Umständen die Erstlingswurzel der Senfpflanze und zahlreicher andrer Gewächse an dem einen Pole des Keimblattstammes aus. Die Ausläufer der Erdbeerpflanze und des kriechenden Hahnenfußes (**Fragaria vesca** und **Ranunculus reptans**) entwickeln ohne äußere Anregung eine Gruppe aus zwei bis fünf Wurzelhöckern an den Stengelknoten, und die oben besprochenen Brombeerstämme, welche sich bogenförmig zur Erde krümmen, um dort einzuwurzeln, legen an bestimmten Stellen nahe der Spitze mehrere Wurzelhöcker an, ehe noch diese Spitzen den Boden erreicht haben. An vielen als Überpflanzen wachsenden Aroideen und Orchideen sind die Ursprungsstellen der Wurzeln gerade so symmetrisch am Umfange des Stammes verteilt wie jene der Blätter, und so ließen sich noch viele Beispiele anführen, aus welchen hervorgeht, daß die Anlage eines Teiles der Wurzeln schon im vorhinein auf das genaueste festgestellt und in der spezifischen Konstitution des Protoplasmas der betreffenden Art begründet ist. Neben diesen in herkömmlicher Weise an bestimmten Stellen sich anlegenden bilden sich aber auch Wurzeln aus, welche zu ihrer Entstehung einer besondern Anregung von außen bedürfen, für welche die Ursprungsstelle nicht im vorhinein schon festgestellt ist, sondern erst durch eine äußere Veranlassung bestimmt wird. In diese Kategorie gehören die Wurzeln, welche um die Gelenke eingeknickter Staudenpflanzen und an den mit feuchten Gegenständen in Berührung kommenden Stämmen entstehen, ebenso jene, welche von den Laubblättern ausgehen, endlich auch die unter dem Namen Haustorien bekannten warzenförmigen Wurzeln der Schmarotzerpflanzen. Wenn Staudenpflanzen mit aufrechtem Stamme und dicken Stengelknoten, z. B. die verschiedenen Arten der Gattung Hohlzahn (Galeopsis) oder Knöterich (Polygonum), durch irgend eine äußere Veranlassung ganz auf

den Boden hingestreckt werden, so nimmt nach einiger Zeit nicht der ganze Stamm, sondern nur ein Teil desselben wieder die aufrechte Lage an und zwar in der Weise, daß an einem der Stengelknoten eine rechtwinkelige Biegung stattfindet, und daß das dem freien Stammende nähere Stück sich erhebt, während das an die Wurzel angrenzende Stück dem Boden aufgelagert bleibt. Die Berührung mit dem Boden wirkt an diesem letztern Stücke als Anregung zur Wurzelbildung, und es entstehen hier an dem knieförmig gebeugten Teile nächst den Stengelknoten reichliche Wurzeln, welche in die Erde dringen und als Saug- und Haftorgane wirksam werden. Diese Staudenpflanzen, von der Katastrophe nicht betroffen und nicht auf den Boden hingestreckt, würden an den Stengelknoten auch keine Wurzeln ausgebildet haben!

Abgeschnittene Weidenzweige, welche in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, in nassen Sand, in durchfeuchtete Erde oder Moos gesteckt werden, entwickeln dort, wo sie von Wasser oder von den erwähnten feuchten Körpern berührt werden, binnen acht Tagen Wurzeln, welche ebensowohl als Saug- wie als Haftorgane wirksam sind. Würde man die Zweige vom Weidenstocke nicht abgeschnitten und nicht in der angegebenen Weise behandelt haben, so wäre die Wurzelbildung an ihnen auch nicht eingetreten. Solche Weidenzweige können als Vorbild für die Sprosse einer großen Zahl von Pflanzen angesehen werden, welche alle in kurzer Zeit aus dem Stamme Wurzeln entwickeln, wenn dieser in feuchte Umgebung gebracht wird. Auch die von den Gärtnern so vielfach ausgeführte Vermehrung der Pflanzen durch Stecklinge beruht darauf, daß Zweige von einem zur Vermehrung bestimmten Pflanzenstocke abgeschnitten und in feucht gehaltenen Sand eingesenkt werden, worauf sie „Wurzel schlagen", d. h. von dem in der sandigen Erde steckenden Teile des Stammes Wurzeln aussenden. Wie an diesen Stecklingen wirkt auch an den seilförmigen Luftwurzeln der auf S. 339 abgebildeten Aroideen der Kontakt mit feuchter Erde als Anregung zur Wurzelbildung. Die von den Stämmen sich herabsenkenden Luftwurzeln dieser Aroideen entwickeln insolange keine saugenden Seitenwurzeln, als sie den Boden noch nicht erreicht haben; kaum sind sie aber mit dem Erdreiche in Berührung geraten, so entsprießen ihnen reichliche Seitenwurzeln, welche in die Erde eindringen und dort flüssige Nahrung saugen. Auch auf die wurzelschlagenden Blätter der Pfefferarten, der Begonien und des Wiesenschaumkrautes wirkt der Kontakt mit feuchter Erde als Anregung zur Entstehung von Wurzeln und zwar an Stellen, wo ohne diesen Kontakt eine Wurzelbildung nimmermehr eingetreten wäre. Wenn man ein Pfeffer- oder Begonienblatt in Stücke zerschneidet, diese Stücke auf feuchte, sandige Erde legt und so an die Unterlage andrückt, daß die an der untern Seite vorspringenden Rippen vom feuchten Sande umwallt werden, so kommen aus dem Parenchym über den Rippen Wurzeln hervor, die sich nach abwärts senken, während sich darüber ein Gewebekörper ausbildet, der zu einem aufwärts wachsenden, von den Wurzeln mit Nahrung versorgten belaubten Sprosse wird. Auch aus dem Zellgewebe an der Basis der Stiele üppiger Epheublätter, welche in nassen Sand oder in Wasser gesteckt werden, entstehen lange Wurzeln, was an den von Luft umgebenen Epheublättern niemals geschieht. Auch ist hier der Wurzeln jener Schmarotzerpflanzen zu gedenken, welche sich als sogenannte Haustorien an lebende Gewebe andrer Pflanzen anlegen. Diese Haustorien entstehen nur an jenen Stellen der schmarotzenden Pflanze, welche mit den saftigen Wurzeln lebender Wirtpflanzen in direkten Kontakt kommen.

Der Vorteil, welchen die Pflanzen von der Ausbildung dieser Wurzeln haben, ist leicht einzusehen. In den Stämmen der geknickten Stauden ist ohne Zweifel die Zuleitung der flüssigen Nahrung aus dem Boden beschränkt und gefährdet, und da ist es von Wichtigkeit, daß sich der von der Erde wieder aufrichtende Teil des Sprosses an den Stengelknoten,

wo die knieförmige Biegung stattfand, mit besondern Wurzeln versieht, welche die aufgesaugte Nahrung in gerader Linie zu den Laubblättern am obern Teile des Sprosses hinleiten. In den andern oben aufgezählten Fällen ist von der Neubildung solcher Wurzeln geradezu das Leben des betreffenden Pflanzenteiles abhängig. Die abgeschnittenen Zweige der Weiden, das zerstückte Laub der Begonien, die vom Stamme gerissenen Epheublätter ꝛc. müßten absterben, wenn sie sich nicht mit Wurzeln versehen würden. So leicht aber der Vorteil, welcher mit dieser Art der Wurzelbildung verbunden ist, eingesehen werden kann, so schwierig ist es, zu erklären, wie der mechanische Anstoß zu diesen Neubildungen erfolgt. Daß der Kontakt mit einem fremden Körper dabei von Bedeutung ist, wurde wohl in allen einzelnen oben aufgezählten Fällen hervorgehoben; aber wie durch den Kontakt der Oberhaut mit feuchter Erde, mit Wasser und dergleichen die tiefern Zellenlagen angeregt werden, eine Wurzel auszubilden, und zwar an einer Stelle, wo sonst eine derartige Bildung nicht erfolgt sein würde, ist völlig rätselhaft, und wir müssen uns damit behelfen, zu sagen, daß der Kontakt als Reiz wirkt, welcher, auf die tiefern Zellschichten fortgepflanzt, diese anregt, Wurzeln zur Rettung vor dem Tode aufzubauen. Noch schwieriger wird die Erklärung in jenen Fällen, wo sich an abgeschnittenen Pflanzenteilen rettende Wurzeln ohne Kontakt mit einem fremden Körper ausbilden. Es wurde eines solchen Falles schon bei früherer Gelegenheit (S. 82) gedacht und dort geschildert, wie sich an abgeschnittenen und an einem Faden in die Luft gehängten Sprossen verschiedener Arten des Mauerpfeffers (z. B. **Sedum reflexum, Boloniense, elegans**) aus den Stammgliedern zwischen den Laubblättern, an Stellen, wo sonst keine Wurzeln entstanden sein würden, Wurzeln ausbilden, welche in die umgebende Luft hineinwachsen und sich so lange strecken, bis sie mit ihrer Spitze einen festen Körper erreichen. Hier kann von einem auf die Oberhaut einwirkenden Reize keine Rede sein; die aufgehängten Sprosse stehen zur umgebenden Luft in keiner andern Beziehung wie damals, als sie mit dem eingewurzelten Stocke verbunden, beziehentlich noch nicht abgeschnitten waren. Die Anregung zur Wurzelbildung ist hier wohl auf die Abtrennung des Sprosses vom Stocke zurückzuführen. Wir müssen aber darauf verzichten, uns den Vorgang dieser Anregung mechanisch vorzustellen, und damit begnügen, zu konstatieren, daß sich der in die Luft gehängte lebendige Sproß nur durch die Ausbildung dieser Wurzeln vom Tode retten kann.

Zu den merkwürdigsten Lebenserscheinungen im Pflanzenreiche gehören auch die verschiedenen Biegungen, Krümmungen und andern Bewegungen, welche von den wachsenden Wurzeln ausgeführt werden. Augenscheinlich sucht jede Wurzel ein bestimmtes Ziel zu erreichen, hält dabei die entsprechende Richtung ein und sucht die Vorteile, welche das Ziel bietet, mit dem Aufwande möglichst geringer Mittel zu erreichen. Ganz allgemein ist das Ziel, welches die wachsenden Wurzeln anstreben, die für sie geeignetste Stelle des Nährbodens. Die Erstlingswurzeln der als Überpflanzen und Schmarotzer auf der Rinde der Bäume angesiedelten Pflanzen richten die Spitze ihrer wachsenden Wurzeln gegen die Achse des betreffenden Baumastes, die Erdpflanzen dagegen gegen den Mittelpunkt des Erdballes, und die Erstlingswurzel, welche aus dem am Grunde unbewegter Gewässer liegenden Samen hervorgeht, richtet sich bisweilen auch aufwärts und wächst im Beginne ihrer Entwickelung dem Wasserspiegel zu. Den auf diese Erstlinge folgenden Wurzeln, gleichgültig, an welchem Teile des Pflanzenstockes sie ihren Ursprung nehmen, ist der einzuschlagende Weg scheinbar weniger genau vorgezeichnet; bei näherm Zusehen findet man aber, daß auch bei ihnen die Erreichung derjenigen Punkte, an welchen flüssige Nahrung zu finden und wo eine Befestigung möglich ist, angestrebt wird. Im Nährboden finden sich abwechselnd Punkte, an welchen eine größere, und solche, wo

eine geringere Menge von Nährsalzen aufgeschlossen ist, Stellen, welche das Wasser schlecht, und solche, welche es gut zurückhalten. An dem einen Orte sind Nester aus Humus, an dem andern scharfkantige Steinchen eingelagert, und es ist begreiflich, daß solche Verschiedenheiten und Gegensätze auf den Weg, welchen die Wurzeln verfolgen, nicht ohne Einfluß bleiben. In der That sind mannigfaltige Einrichtungen getroffen, welche verhindern, daß die Wurzeln an den für sie günstigsten Punkten des Nährbodens sozusagen blindlings vorbeigehen und sie nicht gehörig ausnutzen. Als eine dieser Einrichtungen hat zu gelten, daß die Enden der wachsenden Wurzeln kreisende Bewegungen ausführen, nicht unähnlich denjenigen, welche an den windenden Stämmen und an gewissen Ranken beobachtet werden. Die im Erdreiche wachsenden Wurzeln sind in ihren Bewegungen durch den Druck der Umgebung allerdings weit mehr beschränkt als die Gebilde, welche in der Luft kreisend herumschwingen, aber der Hauptsache nach ist die Bewegung hier und dort dieselbe. Der Weg, welchen die Spitze der wachsenden Wurzel einschlägt, wird am richtigsten durch eine Schraubenlinie anschaulich gemacht, und der wichtigste Vorteil, welcher durch das Einhalten eines solchen Weges erreicht wird, liegt in der Berührung des wachsenden Wurzelendes mit einem möglichst umfangreichen Teile des Nährbodens. Eine in gerader Linie fortwachsende Wurzel würde nicht halb so viele Punkte berühren als jene, welche einer Schraubenlinie folgt, und da mit der Zahl der berührten Punkte auch die Wahrscheinlichkeit zunimmt, daß nicht alle günstigen Stellen des Nährbodens beiseite gelassen werden, so kann man unbedenklich die schraubige Bewegung der Wurzeln als eine Einrichtung zum Auffinden der besten Nahrungsquellen im Boden ansehen. Es dürfen dabei freilich verschiedene andre unter einem erreichte Vorteile nicht geringschätzig behandelt werden, insbesondere darf man das erleichterte Eindringen und die bessere Festigung der bei ihrem Vordringen einer Schraubenlinie folgenden Wurzel nicht übersehen.

Wenn die Wurzel bei ihrem Wachstume einer Schraubenlinie folgt, so kann sie dabei im großen Ganzen dennoch eine gerade Richtung einhalten, und das ist im Wasser sowie in gleichmäßig gemischtem und gleichmäßig durchfeuchtetem Erdreiche auch der Fall. Bei wechselnder Mischung und ungleichmäßiger Durchfeuchtung des Nährbodens aber erfolgt eine Ablenkung und zwar von jener Seite weg, wo die Verhältnisse für die Wurzel ungünstig sind. Diese Ablenkung kann durch Kälte, durch Trockenheit, durch chemische Verhältnisse des Nährbodens und durch Druck und Verletzungen veranlaßt werden.

Es ist bekannt, daß im hohen Norden der Boden in geringer Tiefe dauernd gefroren ist. Im Laufe des kurzen Sommers tauen nur die oberflächlichsten Erdschichten auf, darunter aber breitet sich das „ewige Eis" in ungemessener Ausdehnung. In den aufgetauten Erdschichten entwickelt sich in den Strahlen der wärmenden Sonne eine verhältnismäßig reiche Vegetation, und im nördlichen Amerika entsprießen denselben nicht nur Stauden und niedere Sträucher, sondern auch mächtige, zu Beständen verbundene Nadelholzbäume. Die Wurzeln dieser Gewächse dringen teilweise in gerader Richtung in die Tiefe und wachsen dem Erdmittelpunkte zu; sobald sie aber in die Nähe des Eises kommen, werden sie abgelenkt, krümmen sich und verfolgen weiterhin die Bahn nur im aufgetauten Boden. Die Ablenkung ist gewöhnlich eine so auffallende, daß das abgelenkte, mit dem ältern senkrecht in die Tiefe gewachsenen Stücke einen rechten Winkel bildet.

Ähnliches geschieht, wenn das Erdreich teilweise feucht, teilweise trocken ist. Auch da werden die wachsenden Wurzeln von der trocknen unwirtlichen Bodenschicht förmlich abgestoßen, und es findet eine Ablenkung gegen die angrenzende feuchtere Region statt, welche Erscheinung man Hydrotropismus genannt hat. In Gebirgsgegenden kommt es nicht selten vor, daß nach heftigen Regengüssen die aus den Ufern tretenden Bäche tiefe

Furchen in das angrenzende abschüssige Waldgelände reißen, den Boden aufwühlen, alles durcheinander werfen und unten in der Thalsohle ein wüstes Geschiebe, eine Mur oder Schutthalde ablagern. Gewöhnlich werden von dem Wildbache mit den Steinen und dem Sande auch zahlreiche organische Körper, Holzblöcke, Rasenstücke, Blätter, Zapfen von Nadelhölzern und dergleichen, fortgerissen, und die Ablagerung ist daher durchsetzt von Nestern und Bändern aus Humus, welche den erwähnten organischen Bruchstücken ihren Ursprung verdanken. Auf die Schutthalde werden aus dem benachbarten Walde die Samen verschiedener Pflanzen herbeigeweht, darunter auch von solchen, welche nur im feuchten Humus des Waldbodens gut gedeihen. Diese Samen keimen, ihre Wurzeln senken sich in den Boden ein; manche gehen auf dem unwirtlichen Boden alsbald wieder zu Grunde, andre aber gedeihen vortrefflich, treiben kräftige Stengel und entfalten Laub und Blüten. Gräbt man einen dieser gut angewachsenen Stöcke aus dem Boden und besieht sich das Verhältnis des Wurzelwerkes zur nächsten Umgebung, so springt sofort in die Augen, daß die Wurzeln bei ihrem Tiefgange sich zu den Humusnestern und Humusbändern hingekrümmt haben. Man sieht an ihnen die wunderlichsten Windungen und Biegungen, und es macht den Eindruck, als wären sie von den humosen Einlagerungen förmlich angezogen worden. Ohne die Möglichkeit einer chemischen Anziehung ganz auszuschließen, darf man doch in diesem Falle als wichtigste Veranlassung der Krümmungen die Scheu der Wurzeln vor Trockenheit ansehen. Die humosen Massen, welche im Sande und Gerölle eingelagert sind, halten die Feuchtigkeit wie ein Badeschwamm zurück, und wenn die angrenzenden Sandschichten längst ausgetrocknet sind, erscheinen die dunkeln Nester und Bänder noch immer von Wasser getränkt. Wenn eine die Trockenheit scheuende Wurzel sich vom dürren Sande abwendet und, weiterwachsend, auf eine wasserreiche Humuseinlagerung kommt, so findet sie, dort angelangt, keine Veranlassung, sich weiter zu krümmen, sondern wächst im Bereiche der feuchten Schicht in gerader Richtung weiter. Kommt sie fortwachsend über den Humusballen hinaus in den trocknen Sand, so wird sie allerdings wieder abgelenkt, wächst dann bogenförmig um den Humusballen herum oder macht eine halbkreisförmige Schwenkung und kehrt in den dunkeln, feuchten Klumpen, der wie eine Oase in der dürren Sandwüste eingeschaltet ist, wieder zurück.

Daß auch **größere, durch die wachsende Wurzel nicht verschiebbare Geröllsteine eine Ablenkung bewirken**, ist selbstverständlich; die mit ihrer Spitze den harten Stein berührende Wurzel krümmt sich seitwärts und weicht den ihr im Wege liegenden unüberwindlichen Hindernissen aus. Eine sehr auffallende Ablenkung erfolgt auch dann, wenn **die wachsende Wurzel an ihrer Spitze einseitig verletzt** oder mit irgend einem fremden Gegenstande so beklebt wird, daß an der beklebten Stelle die Zellen eine Schädigung erfahren. Sie krümmt sich in solchem Falle von der verletzten oder beklebten Seite weg und schlägt, weiterwachsend, die entgegengesetzte Richtung ein.

In vielen Fällen möchte man glauben, daß die Wurzeln von den unwirtlichen Stellen des Nährbodens nicht weggedrängt, sondern von den günstigen Stellen angezogen werden, und es ist, wie schon erwähnt, die Möglichkeit einer Anziehung, einer Wechselwirkung der im Safte der Wurzel und der an der betreffenden Stelle des Nährbodens enthaltenen Stoffe, die in einer Bewegung des wachsenden Wurzelendes ihren Ausdruck fände, nicht geradezu ausgeschlossen, wenn auch mit Sicherheit bisher nicht nachgewiesen.

Die kreisende, beziehentlich schraubenförmige Bewegung der wachsenden Wurzel ist auf verschiedene Art erklärt worden. Man dachte sich den cylindrischen Körper der Wurzel in zahlreiche Längsstreifen eingeteilt und nahm an, daß nicht alle Längsstreifen zu gleicher Zeit auch gleich stark in die Länge wachsen, daß vielmehr das stärkere Wachstum nach und nach von dem einen auf den benachbarten Längsstreifen übergeht. Wahrscheinlich aber ist diese

Bewegung ähnlich wie bei den windenden Stämmen ein abwechselndes Neigen nach den verschiedenen Radien eines die Wurzel umgebenden Kreises, und indem sich diese Bewegung mit einer Verlängerung des betreffenden Wurzelteiles kombiniert, folgt das wachsende Wurzelende einer Schraubenlinie.

Die durch das Ausweichen der Wurzel bedingte Krümmung ist entweder Folge einseitiger Verkürzung oder einseitiger Verlängerung. Da die Krümmung an dem im Wachstume begriffenen Wurzelteile erfolgt, so wird stärkeres Wachstum an der einen Wurzelseite als Ursache dieser Krümmung angesehen, und alle Momente, welche das einseitige Wachstum fördern, würden auch eine Krümmung hervorrufen können. Was insbesondere die Krümmung der anscheinend die Trockenheit scheuenden Wurzeln anlangt, so wird dieselbe auf einen einseitigen Wasserentzug an der Wurzelspitze zurückgeführt. Liegt die Wurzel eingebettet zwischen einer trocknen und einer feuchten Schicht, so wird an jener Seite, wo Trockenheit herrscht, eine stärkere Transpiration der angrenzenden Wurzelhälfte veranlaßt werden, diese stärkere Transpiration aber soll einen stärkern Längenzuwachs bedingen, und infolge dieses stärkern einseitigen Längenzuwachses müßte die der trocknen Schicht anliegende Seite konvex, beziehentlich die der feuchten Schicht anliegende Seite konkav werden.

Weit interessanter als derlei heikle mechanische Erklärungen der verschiedenen Wurzelkrümmungen ist der für zahlreiche Fälle gelieferte Nachweis, daß die Krümmung nicht unmittelbar an der Stelle, wo der äußere Reiz einwirkt, sondern in der hinter der gereizten Wurzelspitze liegenden wachsenden Region erfolgt, und daß demnach offenbar eine Leitung, eine Übertragung des Reizes stattfindet, ähnlich wie an den Blättern des Sonnentaues, der Fliegenfalle, der Aldrovandie, der Mimosen und vieler andrer Gewächse. Als Reize können wirksam sein Druck, Kälte, Trockenheit, wahrscheinlich auch chemische Verhältnisse. Auch die Schwerkraft wird als Reiz und zwar als ein solcher, welcher die Richtung des Wachstumes beeinflußt, angesprochen. Man glaubt, daß die Schwerkraft von der Wurzelspitze als Wachstumsreiz empfunden, und daß dieser Reiz auf die darüber befindliche wachsende Region übertragen werde, dem entsprechend die Erstlingswurzeln dem Erdmittelpunkte zuwachsen. Daß aber auch noch andre Kräfte hierbei ins Spiel kommen, geht am besten aus der Thatsache hervor, daß die dem Erdmittelpunkte zuwachsenden Erstlingswurzeln in Quecksilber eindringen und Papier zu durchbohren im stande sind, was nicht der Fall sein könnte, wenn nur die Schwerkraft Einfluß nehmen würde.

Der für Reize empfindlichste Teil der wachsenden Wurzel ist erfahrungsgemäß die Spitze, und die Erscheinungen, welche durch die hohe Reizbarkeit derselben veranlaßt werden, sind so frappierend, daß Darwin die Wurzelspitze mit dem Gehirne niederer Tiere vergleichen konnte und meint, „es sei kaum eine Übertreibung, wenn man sage, daß die reizbare Spitze der Wurzel, welche das Vermögen besitzt, die Bewegungen der benachbarten Teile zu leiten, gleich dem Gehirne eines der niedern Tiere wirke, welches innerhalb des vordern Kopfendes sitzt, Eindrücke von den Sinnesorganen erhält und die verschiedenen Bewegungen des Tieres leitet“.

So merkwürdig und fesselnd diese an den Wurzeln beobachteten Lebenserscheinungen sind, die Erklärung und das klare Verständnis derselben läßt noch viel zu wünschen übrig. Wie so oft in ähnlichen Fällen, wird auch hier für einen beobachteten Vorgang eine Phrase, ein Kunstausdruck, ein Wort eingeführt, und nicht selten glaubt derjenige, welcher dieses Wort nachträglich in Anwendung bringt, damit eine Erklärung des Vorganges zu geben, während er doch eigentlich nur den Vorgang konstatiert. So verhält es sich ganz besonders mit dem Ausdrucke Reiz. Was ist Reiz? Vom gegenwärtigen Standpunkte unsrer Kenntnisse vermögen wir auf diese Frage noch keine bündige Antwort zu geben, und damit sinkt auch der Wert aller Erklärungen, denen dieses Wörtchen eingefügt ist.

Mit diesen Bemerkungen sollen die Errungenschaften, welche dem Zusammenwirken so vieler unermüdlicher Forscher aus alter und neuer Zeit zu verdanken sind, nicht herabgedrückt werden. Im Gegenteile. Mit freudiger Genugthuung und berechtigtem Stolze mag man die Fülle sorgfältiger Beobachtungen und scharfsinniger Kombinationen überschauen, welche den gegenwärtigen Besitzstand unsrer Wissenschaft bilden und welche in den vorstehenden Zeilen eine übersichtliche Zusammenstellung gefunden haben. Aber dieser Stolz darf nicht blind machen gegen die Erkenntnis, daß die meisten Fragen nach dem Leben der Pflanzen doch erst am Anfange ihrer Lösung stehen. Vieles ist geleistet, viel mehr noch bleibt der Zukunft vorbehalten.

„Manchen Flug wagt menschliches Wissen, das doch
Kaum ein Blatt aufschlägt in dem Buch des Weltalls."

Druck vom Bibliographischen Institut in Leipzig.

(Holzfreies Papier.)

